

# sabermás

Revista de Divulgación  
de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

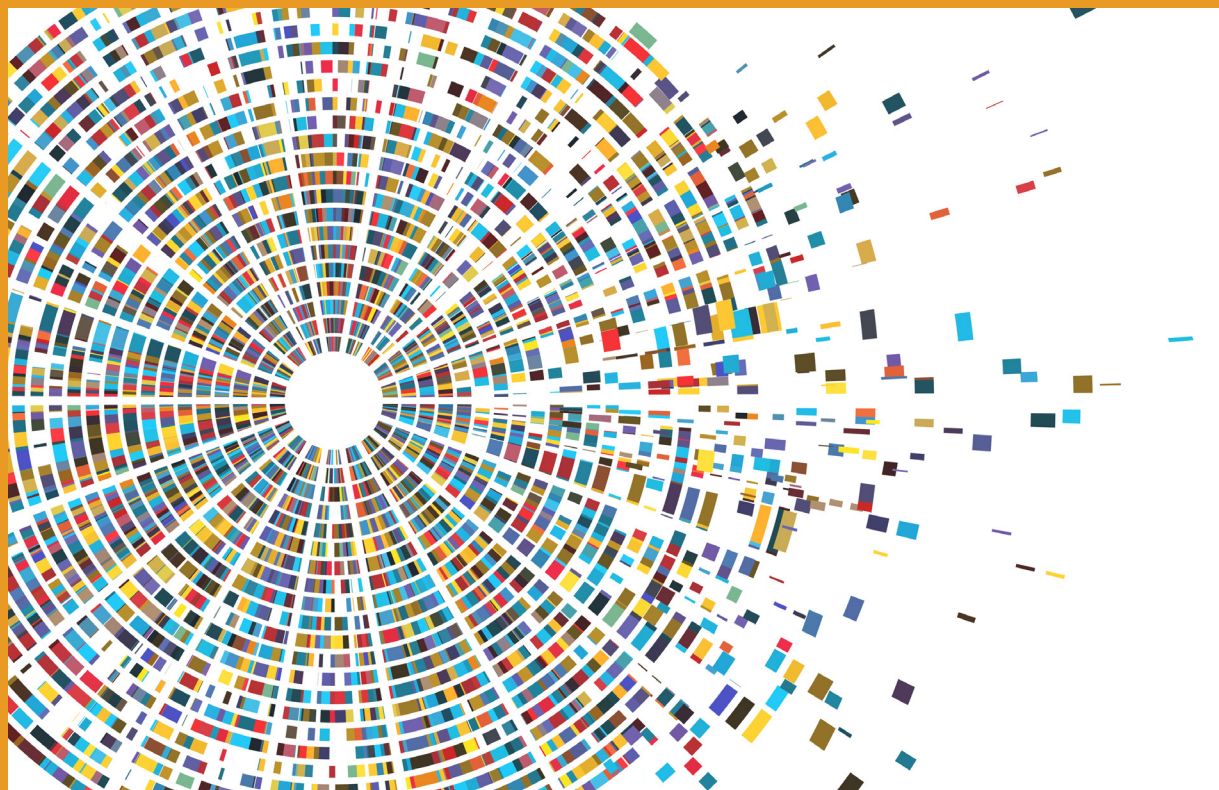


Año 11 / No. 66 noviembre - diciembre/ 2022  
Morelia, Michoacán, México  
U.M.S.N.H.



UNIVERSIDAD MICHOCANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
*Cuna de héroes, crisol de pensadores*  
ISSN-2007-7041

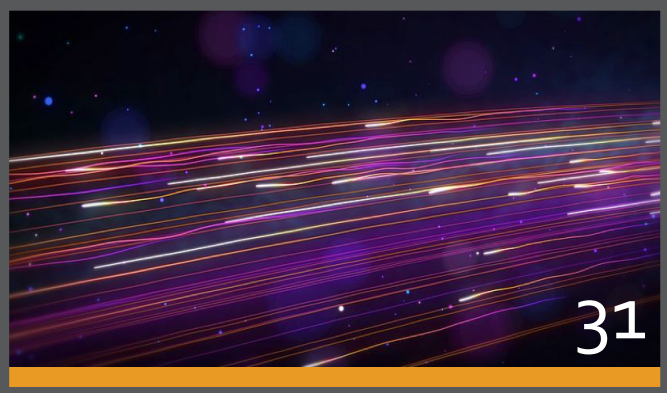
# CONTENIDO



## Diagnóstico de enfermedades bacterianas: Evolución de técnicas

36

	Plantas geófitas de México con potencial ornamental	15
	Las flores en mi florero	19
	La resistencia a antimicrobianos no es exclusiva de las bacterias	23
<b>ARTÍCULOS</b>	<i>Xurahue Muyeca</i> : Reservorio biológico y cultural	26
	MiniBeBe: El detector mexicano de partículas	31
	Insectos: Sus beneficios aún sin explorar	44
	Simbiosis insecto-bacteria ante el cambio climático	48
	Los piojos harinosos, la excepción a la regla	53
	El poder de los frutos rojos	57
	Retorno de conquistadores: Crónicas de extintos caballos mexicanos del Pleistoceno	62
	La música y su efecto en las plantas	66



**ENTÉRATE**

Misión Artemis I: Prepara la NASA el regreso del hombre a la luna 6

**TECNOLOGÍA**

¿Qué son los Biosensores? 71

**UNA PROBADA DE CIENCIA**

*Imparables* 75

**CIENCIA EN POCAS PALABRAS**

Fertilización orgánica y sostenibilidad agroalimentaria 79

**LA CIENCIA EN EL CINE**

*El gabinete de las curiosidades* 84

**NATUGRAFÍA**

Zurcidora de Mosaico 88

**INFOGRAFÍA**

Hablemos de los antimicrobianos 89



**Entrevista al Dr. Axel Becerra Santacruz**

Director y Profesor Investigador Titular en la Facultad de Arquitectura

**9**

# DIRECTORIO



## Rector

Dr. Raúl Cárdenas Navarro

## Secretario General

Mtro. Pedro Mata Vázquez

## Secretaria Académica

Dra. Ma. Isabel Marín Tello

## Secretaria Administrativa

ME en MF Silvia Hernández Capi

## Secretario de Difusión Cultural

Dr. Héctor Pérez Pintor

## Secretario Auxiliar

Dr. Juan Carlos Gómez Revuelta

## Abogado General

Lic. Luis Fernando Rodríguez Vera

## Tesorero

Dr. Rodrigo Gómez Monge

## Coordinador de la Investigación Científica

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias

SABER MÁS REVISTA DE DIVULGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO, Año 11, No. 66, noviembre - diciembre, es una publicación bimestral editada por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316 74 36, [sabermas.publicaciones@umich.mx](mailto:sabermas.publicaciones@umich.mx), [sabermasumich@gmail.com](mailto:sabermasumich@gmail.com). Editor: Horacio Cano Camacho. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2013-072913143400-203, ISSN: 2007-7041, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Departamento de Informática de la Coordinación de la Investigación Científica, C.P. Hugo César Guzmán Rivera, Av. Francisco J. Mújica, s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Tel. y Fax (443) 316-7436, fecha de última modificación, 30 de diciembre de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Esta revista puede ser reproducida con fines no lucrativos, siempre y cuando se cite la fuente completa y su dirección electrónica. De otra forma requiere permiso previo por escrito de la institución y del autor.



## Director

Dr. Rafael Salgado Garciglia  
Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Editor

Dr. Horacio Cano Camacho  
Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo,  
Morelia, Michoacán. México.

## Comité Editorial

Dr. Marco Antonio Landavazo Arias  
Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

Dr. Cederik León de León Acuña  
Dirección de Tecnologías de la Información y  
Comunicación, Universidad Michoacana de San  
Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán. México.

Dra. Ek del Val de Gortari  
IIES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

M.C. Ana Claudia Nepote González  
ENES-Universidad Nacional Autónoma de México,  
Campus Morelia.

Dr. Luis Manuel Villaseñor Cendejas  
ENES-Universidad Nacional Autónoma  
de México Campus Morelia,

Dr. Juan Carlos Arteaga Velázquez  
Instituto de Física y Matemáticas, Universidad  
Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia,  
Michoacán. México.

## Diseño y Edición

T.D.G. Maby Elizabeth Sosa Pineda  
M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar  
C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Corrección de estilo

Lourdes Rosangel Vargas

## Administrador de Sitio Web

C.P. Hugo César Guzmán Rivera

## Saber Más Media

M en C Miguel Gerardo Ochoa Tovar

# EDITORIAL

Este número es el último del volumen 11 de *Saber Más*, lo cual significa que nuestra revista de divulgación científica cumplirá once años de publicación, el próximo mes de enero (2023), llevándola a ustedes bimestralmente desde sus inicios en formato digital, con una publicación de 66 números hasta ahora.

Como cada año, estamos satisfechos del crecimiento de *Saber Más* gracias a la colaboración de cientos de autores, investigadores y estudiantes, especialistas que nos envían artículos de divulgación que abarcan todas las áreas y disciplinas de la ciencia y de la tecnología, mostrándonos siempre temas para saber más de la historia, de la evolución y de los avances científicos y tecnológicos. Pero, son ustedes también, nuestros lectores, que han conseguido que esos artículos sean leídos en todo nuestro país y cada vez más en varios países de Latinoamérica, así como de otros continentes.

Vayamos al contenido de este número, que nos presenta temas sobre plantas, bacterias, hongos e insectos, así como de partículas que no podemos ver y sobre fósiles de caballos mexicanos. El artículo de portada trata de la evolución de las técnicas utilizadas para el diagnóstico de enfermedades causadas por bacterias, desde el uso del microscopio mediante tinciones específicas, hasta las técnicas de tipificación genético molecular de bacterias patógenas. También puedes leer sobre hongos patógenos que nos causan enfermedades, que al igual que en bacterias, muestran resistencia a los antimicrobianos. Sobre plantas, tenemos cuatro artículos que nos describen un tipo de plantas mexicanas con alto potencial ornamental, la vida de las flores después del corte, el poder antioxidante de los frutos rojos y el efecto que la música puede tener sobre el crecimiento de las plantas. Presentamos tres ar-

tículos seguidos sobre insectos, uno te hará saber más sobre sus beneficios, otro sobre la importancia de la simbiosis con bacterias y el tercero, sobre los insectos denominados piojos, que atacan a diversas plantas. Xurahue Muyeca es un artículo sobre una región del centro-sur del estado de Zacatecas que requiere de su conservación por la riqueza biológica, cultural y paisajística que presenta. En el artículo sobre MiniBeBe, los autores nos presentan el primer detector mexicano de partículas. Por último y no menos interesante, tenemos el artículo "Retorno de conquistadores, una crónica de los extintos caballos mexicanos del Pleistoceno".

Pero, además les invito a leer la Entrevista realizada al Dr. Axel Becerra Santacruz, investigador de la Facultad de Arquitectura de nuestra Universidad y los artículos de las demás secciones de *Saber Más*, como el de la Misión Artemis I en Entérate, ¿qué son los biosensores? en Tecnología y sobre la fertilización orgánica y sostenibilidad agroalimentaria en La Ciencia en Pocas Palabras. En Una Probada de Ciencia y La Ciencia en el Cine, nuestro editor sugiere el libro "*Imparables - Diario de cómo conquistamos la tierra*" y de la serie fantástica "*El gabinete de las curiosidades*", respectivamente. No olvides ver la "Zurcidora de mosaico" en Natugrafía y leer "Hablemos sobre los antimicrobianos" en Infografía.

*Saber Más* continuará llevándote más artículos de divulgación científica durante el próximo año 2023, un servidor y nuestro editor Dr. Horacio Cano Camacho agradecemos el trabajo del comité editorial y del equipo de edición y publicación de *Saber Más*, por estos 11 años de contribuir en la divulgación de la ciencia.

¡Continúen leyendo y compartiendo ciencia!

Director Editorial  
Rafael Salgado Garciglia



## ENTÉRATE

# Misión Artemis I: Prepara la NASA el regreso del hombre a la luna

Por: Juan Carlos Arteaga Velázquez\*



<https://blogs.nasa.gov/kennedy/category/artemis-1/>

**E**l pasado 16 de noviembre de 2022, despegó la misión espacial Artemis I desde el centro espacial Kennedy en Cabo Cañaveral, Florida, Estados Unidos, alrededor de las 00:47 am, tiempo central de México. Lo especial de este vuelo es que es el primero de una serie de tres misiones de la NASA que culminarán con el regreso del ser humano a la superficie lunar después de casi 50 años, esto con el propósito de realizar una exploración más exhaustiva de nuestro satélite natural y para establecer una estación lunar que permita realizar estudios científicos que puedan ser usada como base para una futura misión tripulada a Marte. La misión Artemis I tuvo como objetivo probar

el funcionamiento en conjunto de la nave espacial Orión, el Sistema de Lanzamiento Espacial (SLS) y el centro de control en Tierra instalado en el centro espacial Kennedy. También se pusieron a prueba los sistemas de la nave Orión en condiciones de espacio profundo. Para la misión se realizó un primer vuelo no tripulado de ida y regreso alrededor de la Luna.

Las misiones Artemis toman su nombre de la diosa griega Artemisa, hermana gemela de Apolo, de dónde se derivó el nombre del programa espacial de la NASA que permitió llevar por primera vez al hombre a la Luna el 20 de julio de 1969. Este programa consistió de varias misiones espaciales,

siendo la misión Apolo 17, lanzada el 7 de diciembre de 1972, la última misión tripulada que llevó al ser humano a la superficie lunar.

El cohete de la misión Artemis I, de 98 m de altura, estuvo conformado por un sistema de cohetes de última tecnología llamado SLS y de la nave espacial Orión, ubicada sobre el SLS. Los cohetes del SLS se colocaron en una configuración denominada Bloque 1, especial para llevar tripulación, la cual tiene una capacidad de empuje de 4 millones de kg. Esto lo convierte en el sistema de cohetes más potente de la NASA hasta la fecha. El Bloque 1 del SLS está compuesto por un cohete central de aluminio de gran tamaño (65 m de altura y 8 m de diámetro), de combustible líquido (2 millones de litros de hidrógeno líquido y 742 mil litros de oxígeno líquido), dos cohetes laterales de combustible sólido (54 m de altura y 4 m de diámetro) y de un cohete superior de menor tamaño de combustible líquido (14 m de alto y 5 m de diámetro). El cohete central y los laterales se usaron durante las primeras 8 h 20 min para colocar en una órbita terrestre de baja altura (160 km sobre el nivel del mar) a la nave espacial Orión, mientras que el cohete superior se empleó para ayudar a la nave a dejar dicha órbita y colocarla con rumbo a la Luna. Los cohetes del SLS se separaron progresivamente a medida que agotaron su combustible. Durante el resto del viaje, la nave contó con un sistema de propulsión propio alojado en su Módulo de Servicio, en donde también se ubicaba el sistema de alimentación eléctrica de la nave.

La misión Artemis I puso en órbita 10 satélites pequeños CubeSats (del tamaño de una caja de zapatos) para investigaciones de la Luna, clima espacial (campos magnéticos y partículas energéticas), radiación alrededor de la Tierra y asteroides cercanos, así como para llevar a cabo experimentos biológicos y pruebas de tecnología espacial. También transportó tres maniqués a bordo de la cápsula o Módulo de la Tripulación de la nave para registrar los niveles de radiación cósmica durante el viaje. Uno de ellos contenía, además, sensores para estudiar el efecto de las vibraciones del vehículo durante el despegue y la travesía. La nave espacial Orión entró en la región de influencia lunar el 20 de noviembre de 2022 y se ubicó en una órbita distante (a más de 80 mil km de la Luna)

retrógrada (girando en torno a la Luna en sentido opuesto a como lo hace nuestro satélite en torno al Sol) el 25 de noviembre del mismo año. Esto se realizó para probar los sistemas de la nave en el espacio profundo. En esta órbita, Orión alcanzó una distancia de 434 522 km de nuestro planeta (28 de noviembre de 2022), la más lejana a la que ha llegado cualquier vehículo espacial diseñado para transportar astronautas. Durante su viaje, la nave Orión reportó algunas anomalías, entre ellas, una interrupción con su sistema de comunicación y un problema con el rastreador de estrellas de su sistema de navegación.

La nave Orión inició su retorno a la Tierra el 5 de diciembre de 2022, después de su segunda aproximación a la Luna. Para colocarse en trayectoria de regreso, Orión usó un breve impulso del sistema de propulsión del Módulo de Servicio. Este último se separó de la cápsula de la tripula-

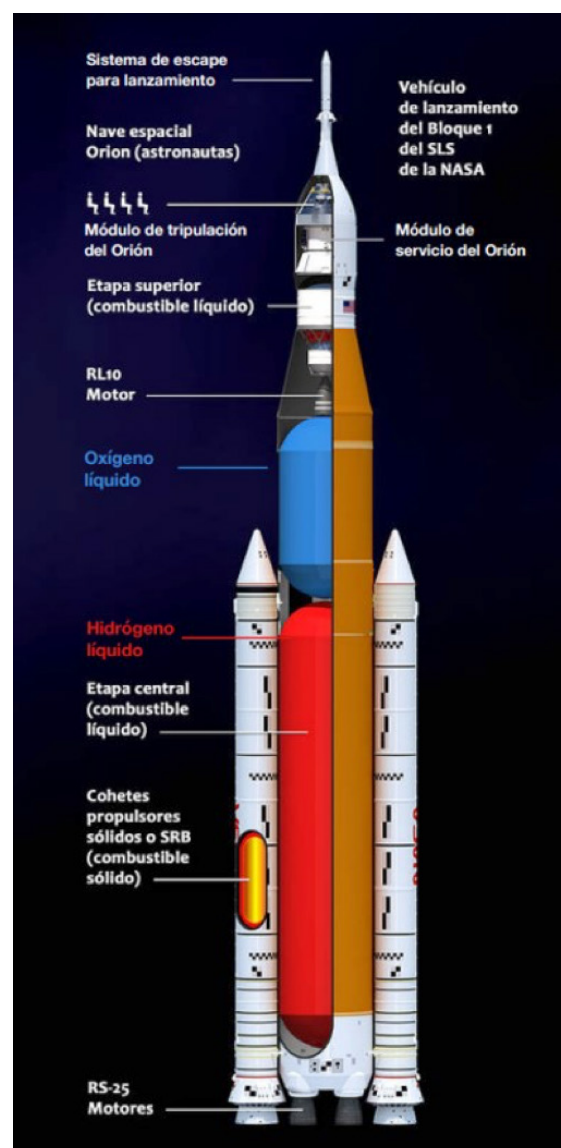


Diagrama del cohete de la misión Artemis I. NASA/MSFC

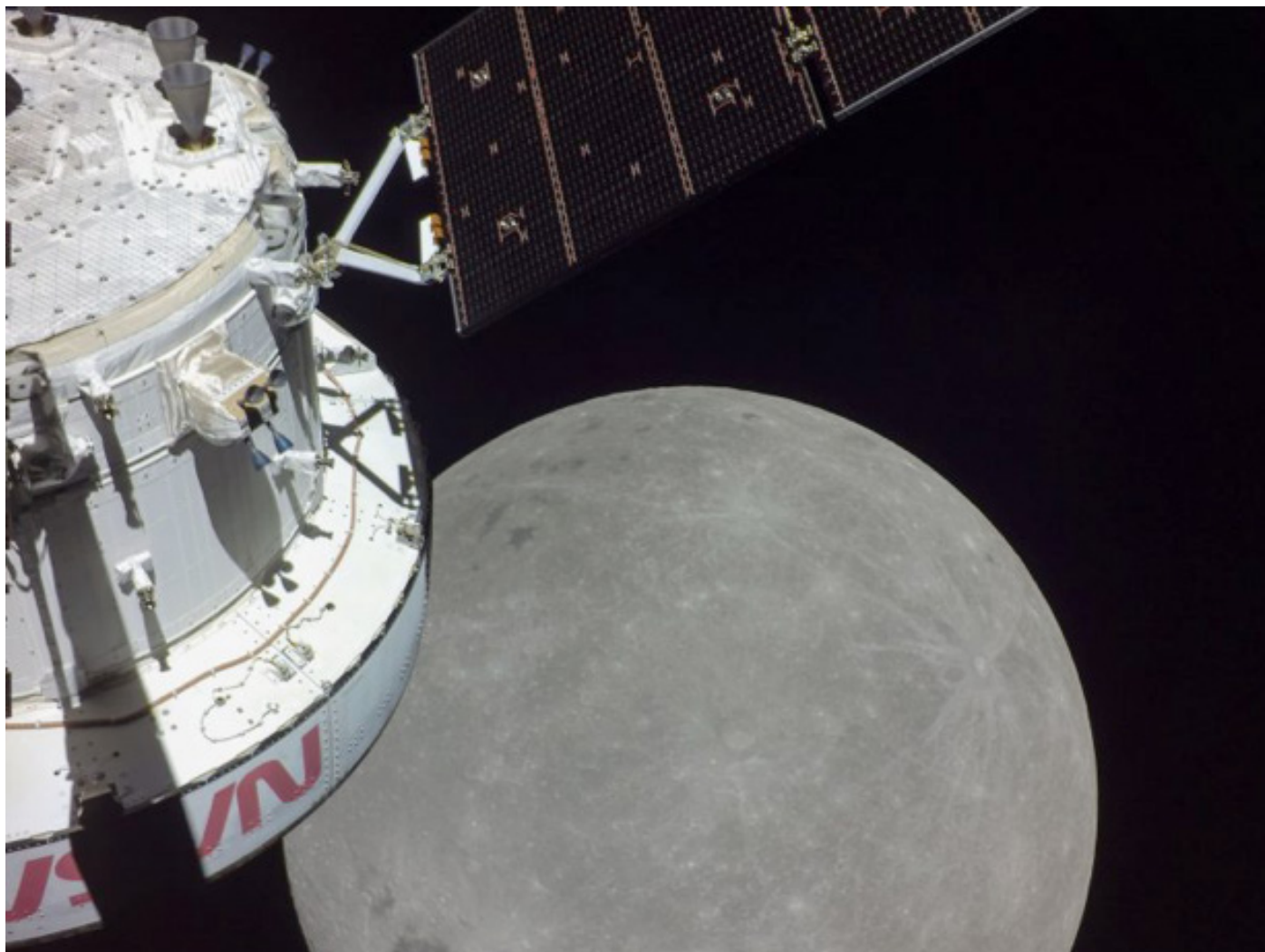


Foto de la nave Orión y de la Luna durante la misión Artemis (Nov. 21, 2022). NASA.

ción cuando la nave se acercó a los 5 100 km de la superficie terrestre. La cápsula ingresó a la atmósfera de la Tierra con una velocidad de 11 km/s con su escudo térmico orientado hacia el suelo para protegerlo de las altas temperaturas (que llegan a alcanzar los 2700 grados Celsius) derivadas de la fricción con el aire. Unos paracaídas se desplegaron a una altitud de 7 km sobre el nivel del mar para reducir la velocidad de la cápsula durante su descenso. La misión tuvo una duración de cerca de 25.5 días y concluyó el 11 de diciembre de 2022 con el amarizaje exitoso en el Océano Pacífico del Módulo de la Tripulación.

La misión Artemis II está programada para el 2024 y estará tripulada, pero solo llevará a los astronautas en órbita alrededor de la Luna. Se planea que el ser humano pise de nuevo la Luna con la tercera misión de Artemis en el 2025. Como parte de la tripulación que alunizará, se incluirá a una mujer astronauta en esta misión.

\*Instituto de Física y Matemáticas  
Universidad Michoacana de san Nicolás de Hidalgo



<https://www.nasa.gov/artemis-1>

<https://www.nasa.gov/sls>

<https://blogs.nasa.gov/artemis/>

Video NASA (How we are going to the moon) [https://www.youtube.com/watch?v=\\_T8cn2J13-4](https://www.youtube.com/watch?v=_T8cn2J13-4)

<https://www.nasa.gov/feature/around-the-moon-with-nasa-s-first-launch-of-sls-with-orion>



# ENTREVISTA

## Dr. Axel Becerra Santacruz

Por: Horacio Cano Camacho



**E**l Dr. Axel Becerra Santacruz actualmente es el Director y Profesor Investigador Titular de la Facultad de Arquitectura de la UMSNH.

Fue coordinador del nuevo programa DDA (Doctorado en Diseño Aplicado) y de la MDA (Maestría en Diseño Avanzado 2017-2022), co-fundador del grupo de investigación UIT (Unidad de Inteligencia Territorial) y Lab Bio2 (Laboratorio Bioclimático y Bio-material). Es profesor del taller TARU (Taller de Acción Rur-Urbana) a nivel Maestría (2016) y Licenciatura (2020), en el cual se ha implementado una metodología basada en el diseño a través de la experimentación y la acción colectiva. Es co-editor del Libro Urbanismo Marginal: Desarrollo Informal y Formal en Ciudades de América Latina, edición Cambridge Scholars publicado en 2017"

**Hola Axel, es un gusto que aceptaras esta entrevista. Hace poco escuche una charla tuya en la que te referías a "otras formas de hacer arquitectura". Infero que existe una manera, digamos, tradicional y otras formas ¿Podrías ampliarnos el concepto?**

Afortunadamente, estamos viviendo un momento histórico en la Arquitectura; al pasar de la visión tradicional enfocada en la pulcritud estética, formalista y hasta narcisista la cual basaba los principios de la arquitectura en la triada de Vitrubio (*veritas*- bello, *firmitas*- firme y *utilitas*- útil), a una bifurcación en donde los arquitectos están ampliando su mirada a diferentes formas de pensar y actuar en relación a la arquitectura y el diseño en México y Latinoamérica.

En la práctica esta renovación del pensamiento permite reflexionar sobre soluciones prácticas a proyectos concretos en donde las habilidades tradicionales resultan insuficientes para resolver problemas complejos de la sociedad contemporánea. Esto está provocando la construcción de nuevas prácticas, procesos y teorías que incorporan nuevos conceptos, habilidades y reconocer la incorporación de lo se puede nombrar otras formas de hacer arquitectura.

**La arquitectura es probablemente una de las profesiones con más vínculos con los ciudadanos, lo pensemos o no, todos disfrutamos, padecemos, convivimos con espacios arquitectónicos ¿Tú crees que esta relación es todo lo consciente que se supondría? Es decir, cómo ves el lugar del arquitecto en nuestra sociedad actual.**

La arquitectura es por naturaleza un acto social; la cual debería tener un vínculo intrínseco con los ciudadanos. Desde cada uno de los hogares que habitamos hasta la construcción de comunidades activas y solidarias. Sin embargo, desde la visión tradicional los arquitectos no somos muy buenos haciendo comunidad, porque nos han entrenado para hacer edificios individuales. En este sentido, es importante no olvidar humanizar nuestra profesión y llenar el vacío existente.

**La pandemia nos confrontó ante situaciones o necesidades -que quizá ya estaban allí, pero no éramos conscientes- aparentemente inusitadas de espacios, nuevas relaciones, nuevas formas de trabajar ¿Cómo asumen esta situación desde la arquitectura?**

Existen dos dimensiones en las que podríamos abordar esta pregunta. La primera es en el plano de lo físico. Cada uno de nosotros vivió una situación en donde tuvimos que adaptar algún espacio de nuestra vivienda para seguir desarrollando nuestras actividades desde casa. Ya sea un simple cuarto que estaba sub-utilizado, el cual que debió ser remodelado, ampliado o simplemente decorado para adaptarse a la contingencia.

En este sentido se acentuó la importancia de lo que Juhani Pallasma define como el fenómeno de los sentidos y la arquitectura del espacio. Es a través del habitar que los sentidos juegan un papel importante en la comprensión del espacio y ambiente arquitectónicos, en otras palabras la relación entre la arquitectura y la neurociencia. Pallasma argumenta desde las neurociencias que la consciencia humana no se desarrolló a partir de datos y formas, sino de las experiencias vividas a través los detalles en los espacios y sus formas, lo cual ayuda a darle sentido y entendimiento a los entornos que habitamos. Estas entidades se concientizaron más a



través de los detalles y nuevas experiencias vividas en la pandemia, nos hicimos más sensibles, aunque tal vez muy rápidamente lo estamos olvidando. Esto significa que el habitar un espacio, las formas va tomando significado diariamente. En síntesis reconocimos también el gran impacto que tiene del espacio arquitectónico, a través de sus formas, colores, etc., en los seres humanos y sus sentidos.

En un segundo plano, se reconoció la dimensión de la arquitectura a nivel digital y la gran importancia de la interconexión local y global. Esta condición puso en evidencia la gran brecha digital que existe no solo entre los países llamados desarrollados en relación con los subdesarrollados; sino, la gran diferencia que existe de accesibilidad en cada uno de nuestros territorios. Mientras algunos de nosotros fuimos muy afortunados y gozábamos al menos de estabilidad en el internet diariamente para mantenernos conectados para desarrollar nuestro trabajo, hubo ciudadanos con acceso muy limitado en donde el único medio de conectividad fue su teléfono celular. Como ejemplo, fue a través de este medio que algunas familias en colonias marginadas repartían los 50 pesos de datos a la semana a cada uno de sus hijos para minimamente dar seguimiento a tareas semanales. Finalmente hubo quien vivió en otra dimensión paralela en donde la comunicación fue nula.

En un país que esto sucede, nos hace revivir la teoría francesa de los años 70's definida como pre-determinación geográfica; la cual sugiere que todo ciudadano tiene un destino correlacionado no solo a los genes familiares que lo traen al este mundo, sino también en relación a la accesibilidad de bienes y servicios del sitio en donde habita.

La gran diferencia hoy, es que la inequidad y marginación ya no son solo limitaciones físicas de accesibilidad a bienes y servicios; sino se exacerbó a



nivel de la "marginación digital". Esto significa que los ciudadanos ya aislados físicamente quedaron viviendo en un mundo doblemente marginado a nivel digital. Esta condición hace aún más compleja la ya difícil capacidad de ciertas comunidades en regiones marginadas para subir en la escala social. En síntesis se puso de manifiesto que además de las limitantes físicas, hoy resulta crucial la accesibilidad a la arquitectura digital. Desde los años 80's Antoine Picon profesor de historia de la arquitectura y tecnología, resalto la relevancia que tendría la arquitectura digital en la vida contemporánea, la pandemia solo lo confirmó.

**Además de la pandemia, otros fenómenos que le están ocurriendo al mundo en la actualidad, cómo el cambio climático global, la crisis energética, las nuevas formas de estudiar o trabajar, exigen ajustes radicales en muchas actividades profesionales ¿la arquitectura está respondiendo a esta nueva situación?**

Actualmente existen un número considerable de proyectos contemporáneos que colectan y confluyen propuestas alternativas de la práctica de la arquitectura en comparación con la tradición. Estos son proyectos en donde los procesos

tradicionales resultan incompletos, provocando la construcción de diferentes formas de pensar y actuar en relación a los retos emergentes en México y Latinoamérica.

La pandemia en la arquitectura y el diseño, además de los retos emergentes que ya comentamos anteriormente abrió nuevas oportunidades a los arquitectos mexicanos tales como diseño digital, programación, diseño participativo, diseño logístico, diseño de biomateriales, etc.

Lo más importante en este sentido es que se ha iniciado una fructífera interacción e intercambio de conocimiento con otras facultades, lo cual está permitiendo renovar la visión del diseño y no solo tener una visión individual desde la arquitectura. En nuestra universidad, alumnos de arquitectura participaron en el proceso de desarrollo de diversas iniciativas en colaboración con otras facultades tales como caretas, respirador, etc.

Otros temas importantes como cambio climático, se quedan aún en el discurso o en esfuerzos aislados debido a que las demandas prioritarias del país aún siguen siendo necesidades básicas de vivienda, escuelas, infraestructura, etc.

**En la formación de nuevos arquitectos también supone la necesidad de nuevos aprendizajes, de la adquisición de nuevas habilidades, tú que eres director de una Facultad de Arquitectura ¿cómo enfrentan esta condición, cómo lo está afrontando tu facultad?**

Como Director parte de mi nueva responsabilidad es promover una educación acorde a los retos emergentes de nuestro tiempo. Esto significa que

además de consolidar las habilidades tradicionales de la arquitectura, existen otros campos de oportunidad que permiten repensar el rol del arquitecto en nuestra sociedad con el objetivo de hacerlo más pertinente y relevante.

Dentro de las habilidades tradicionales que requieren actualizarse es importante que los alumnos dominen nuevas técnicas para saber dibujar y representar el mundo complejo que hoy vivimos. Esto conlleva a que además de las técnicas tradicionales y nuevos programas de representación física, existen aspectos socio-económicos que requieren ser representados como parte de la realidad.

Con ello me refiero por ejemplo en la ciudad, además de la representación de avenidas y viviendas es importante identificar la segregación social, la marginación y la inequidad; así como su correlación en el espacio.

Por otro lado, también es importante representar el impacto del cambio climático en los diversos ecosistemas. Para ello los arquitectos con visión renovada requieren sumar herramientas de otras áreas del conocimiento como las ciencias sociales o ciencias naturales que les permitan representar de forma más integral el mundo complejo y definir los problemas emergentes de este siglo.

Esta perspectiva demanda sumar habilidades suaves que permitan un rol del arquitecto más humano en la sociedad. Más allá de las formas y estructuras arquitectónicas, los estudiantes requieren entender los procesos sociales que generan distintas comunidades en el proceso de adaptación y aprovechamiento de su hábitat.





En otras palabras esto demanda vinculación constante con su entorno y habilidades para la comprensión del mismo tales como:

- Comunicación Directa.
- Saber escuchar
- Liderazgo colectivo
- Trabajo en equipo.
- Reconocer conocimientos locales etc.
- Diseño participativo
- Trabajo bajo condiciones de estrés y escasez
- Acciones colectivas

Sobre las habilidades anteriores, resaltaría la capacidad de construir acuerdos entre la comunidad. En síntesis el arquitecto requiere dejar un poco la oficina y ponerse el overol para construir ciudad. Sumado a las habilidades suaves también se requieren las nuevas habilidades tecnológicas y de comunicación global. En un mundo interconectado es importante que los arquitectos renovados puedan comunicar sus ideas local y globalmente. Dentro de este grupo estacan:

- Segundo Idioma
- Programación
- Alfabetización tecnológica

- Internet de las cosas
- Inteligencia Artificial
- Ciencia de Datos
- Manejo de drones
- Nuevos oficios digitales (impresión digital + corte laser).
- Robótica

Por ultimo estarían las habilidades para la autorrealización y postura personal dentro de las que destacan:

- Definición de agenda personal.
- Pensamiento crítico
- Inteligencias múltiples
- Comunicación Asertiva
- Manejo del tiempo y priorización
- Saber discernir y enfocarse

**Los ciudadanos comunes a diario “vemos” la emergencia de nuevos materiales, nuevos diseños, nuevos espacios que por alguna razón suponemos que no están llegando a nuestros espacios, donde asumimos que todo sigue igual que hace años ¿cómo ves esa percepción? ¿Es real?**

La arquitectura al igual que otras áreas del

conocimiento está entrando en la carrera por la innovación. Esto significa que en diversos centros de investigación se está en la búsqueda de generación de nuevo conocimiento que permita crear un valor agregado en la sociedad. Como ejemplo, en nuestra facultad recientemente se ha creado el nuevo edificio de laboratorios para la innovación en el diseño el cual tiene como líneas de investigación: la innovación tecnológica, la innovación ambiental y la innovación social a través del diseño. Sin embargo, el rigor y constancia que requieren los protocolos para un nuevo desarrollo tecnológico y la comprobación de una innovación es lento. Por lo anterior, pasarán algunos años para que iniciemos a observar innovaciones materiales, espaciales, ambientales o sociales a través del diseño dentro de nuestra universidad.

**Por último, ¿tú crees que el arquitecto del siglo XXI siga únicamente diseñando edificios o a qué cosas nuevas debe responder?**

Este nuevo siglo y sus momentos históricos han abierto nuevos nichos de oportunidad más allá de los trabajos tradicionales de la arquitectura y el urbanismo dentro de los que ya se encuentran operando arquitectos. Algunos ejemplos son:

- Diseño de Modas
- Diseño de Eventos
- Diseño de Aplicaciones digitales
- Diseño de nuevos materiales y biomateriales
- Desarrollo de software

- Artes Culinarias - Chefs
- Cine y Grabación
- Diseño Digital
- Diseño de escenografía
- Turismo y Desarrollo Local
- Diseño Industrial
- Diseño Textil

**Gracias por esta charla, ¿te gustaría agregar algo, algún mensaje para los y las jóvenes que estudian arquitectura en este momento?**

Les diría a los lectores y futuros arquitectos, que hoy más que nunca, no dejen de buscar lo que les apasiona, la arquitectura es tan versátil y fascinante, que pueden hacer un espacio único y estimulante.

Desde una visión renovada y abriendo la puerta a la creatividad, se puede encontrar una veta fascinante en el ámbito del diseño en México lleno de nuevas oportunidades. Sin embargo, adicional a las habilidades mencionadas anteriormente es necesario tener la confianza en sí mismos a través la atención plena para alinear a las nuevas oportunidades su propia visión de vida.

Ya nos lo decía el arquitecto Ricardo Legorreta, *"En México nosotros tenemos las bases para desarrollar nuestro trabajo propiamente, todas las posibilidades y aun muchos retos que responder"*

En síntesis, exploremos nuestras otras formas de hacer arquitectura.



## ARTÍCULO

## Plantas geófitas de México con potencial ornamental

Agustín Uribe Treviño y Martha Elena Pedraza Santos



<https://pixabay.com/es/photos/cebollas-bulbos-de-tulip%c3%a1n-tulipanes-4936235/>

**Agustín Uribe Treviño.** Es estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Opción Conservación y Manejo de Recursos Naturales, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[uribe\\_ta@hotmail.com](mailto:uribe_ta@hotmail.com)

**Martha Elena Pedraza Santos.** Profesora-Investigadora de la Facultad de Agrobiología «Presidente Juárez», Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[martha.elena.pedraza@umich.mx](mailto:martha.elena.pedraza@umich.mx)

## Plantas geófitas en el mercado mundial de flores

**E**l mercado florícola mundial comercializa más de 800 géneros de geófitas ornamentales como flor de corte, planta en maceta, en paisajismo y jardinería. Las especies más conocidas e importantes económicamente son tulipán, lili, gladiola, narciso, iris, jacinto y crocus. Las geófitas han evolucionado para sobrevivir en ambientes adversos a través de la producción de órganos subterráneos de reserva, como rizomas, tubérculos, cormos o bulbos que les permiten mantener un estado de reposo. Estos órganos almacenan agua y carbohidratos que suministran energía y permiten

el crecimiento reproductivo rápido en condiciones ambientales favorables; además, se caracterizan por tener yemas o puntos de crecimiento que sirven para la propagación vegetativa.

Dentro de la gran diversidad de la flora fanerogámica de México, hay ejemplos de geófitas nativas con potencial ornamental de los géneros *Dahlia*, *Hymenocallis*, *Milla*, *Polianthes*, *Sprekelia*, *Tigridia* y *Zephyranthes*. Algunas de estas plantas ya son reconocidas en el mundo por su **valor ornamental y otros usos**, por ejemplo, el género *Polianthes* se distribuyó hacia otros continentes en el siglo XVI con fines ornamentales. Otros géneros como dalias y tigridias, poseen un valor histórico para México, pues siempre han tenido presencia en las culturas de la parte central del país; asimismo, se han utilizado para estudios fitogeográficos, ecológicos y ornamentales con el fin de preservar sus poblaciones y realizar trabajos de mejoramiento genético. Las características morfológicas de todas estas plantas geófitas, principalmente las formas y colores de sus flores, las hacen atractivas para el mercado mundial de la horticultura ornamental. En este artículo te describimos las más importantes para nuestro país.

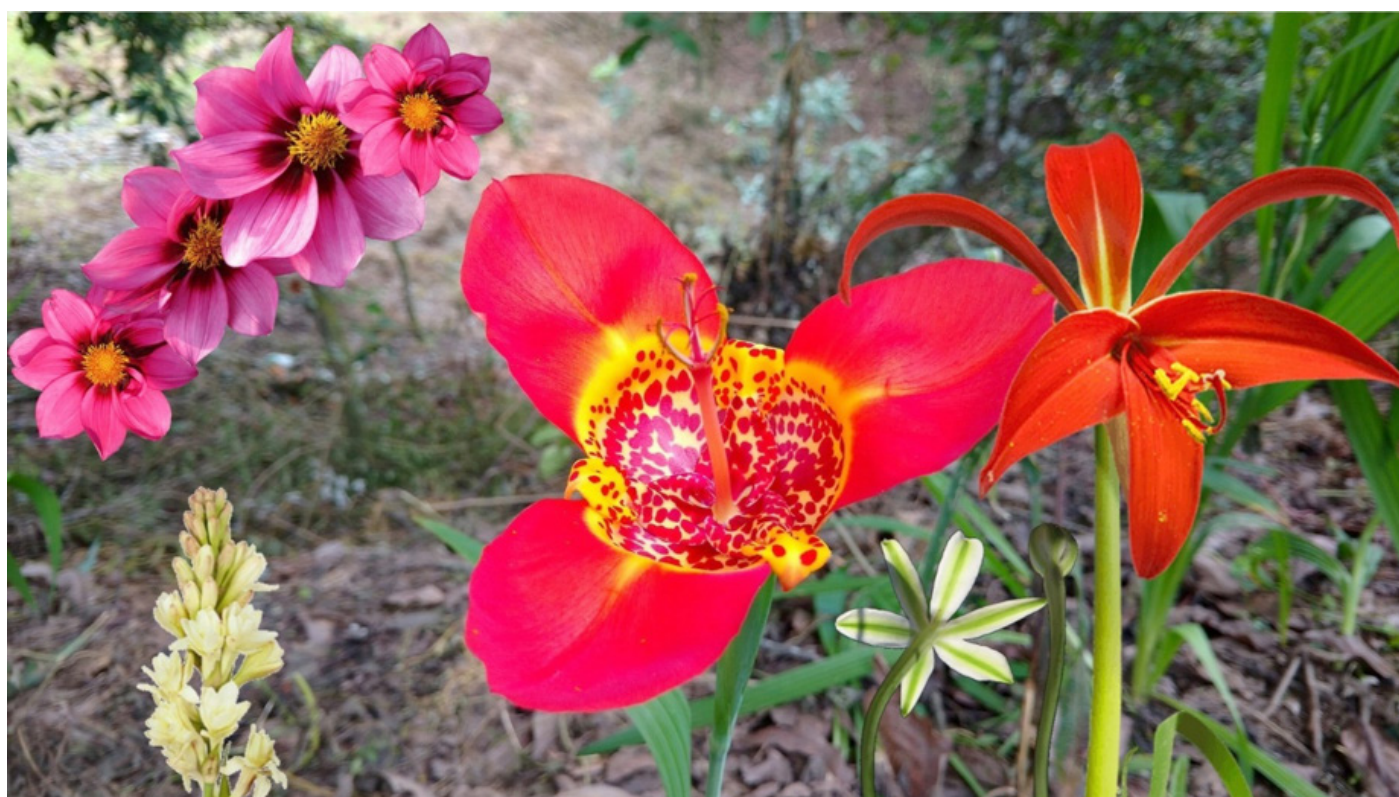
### **Dahlia**

El género cuenta con al menos 36 especies de las cuales 31 son endémicas de México. *D. pinnata*, es la especie más importante. Desde la época pre-

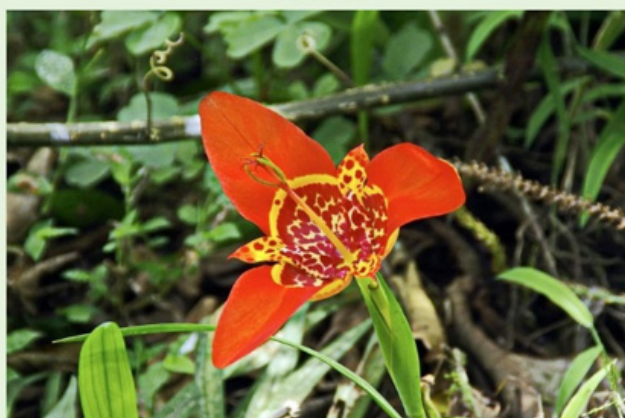
colombina, esta planta se ha usado como alimento, medicina, forraje, fines ceremoniales y ornamentales. Los aztecas la llamaban acocoxóchitl ('tallos huecos con agua') y los conquistadores la introdujeron a Europa en 1818. La dalia se ha extendido por casi todo el mundo, aunque en nuestro país se conoce poco, a pesar de que fue declarada **Flor Nacional por decreto presidencial** en mayo de 1963. La mayoría de las dalias son herbáceas (anuales) o arbustivas (perennes). Las herbáceas pierden su follaje en el invierno y brotan nuevamente en la siguiente temporada de lluvias, a partir de sus raíces tuberosas que las caracterizan. Las flores compuestas son conocidas como cabezuelas y pueden ser liguladas (forma de lengua, blancas, moradas, amarillas o rojas) y tubulares o flores de disco (amarillas o moradas).

### **Hymenocallis**

Las 70 especies de *Hymenocallis* se distribuyen desde Estados Unidos hasta Sudamérica. **México tiene el mayor número de especies**, muchas de ellas endémicas. Crecen en lugares con lluvia escasa, en condiciones acuáticas, climas áridos y tropicales costeros. Se conocen como «lirio araña» porque producen flores blancas con pétalos largos y estrechos que le dan esa apariencia distintiva, algunas con fragancia agradable. Son plantas herbáceas perennes que producen un bulbo redondeado de donde emergen las raíces blanquecinas cubier-





**Dahlia****Hymenocallis****Tigridia****Zephyrantes**

<https://pixabay.com/>

tas por un tejido protector llamado túnica. Las hojas pueden ser de 5 a 7 mm de ancho, lineales, sésiles y de color verde claro en *H. eucharidifolia* Greenm, hasta hojas de 15 cm de ancho, pecioladas, lanceoladas y verde brillante en *H. speciosa* Salisb. La propagación de *Hymenocallis* se realiza por semilla o bulbo, aunque también se propaga a partir de secciones de bulbo.

### **Tigridia**

De las 43 especies y seis subespecies del género *Tigridia*, **41 son endémicas de México**, se localizan **en más del 80% del territorio nacional**. Su tamaño varía desde 5 cm de *T. martinezzi* hasta 1.5 m o más en *T. pavonia*. Los tallos y el bulbo son cilíndricos, simples o ramificados, las raíces son poco profundas y surgen a partir del bulbo. Las hojas son simples, sin aserraduras ni espinas. Las flores están dispuestas en inflorescencias en forma de abanico de dos o más flores vistosas que varían en tamaño y color dependiendo de la especie, con una vida de florero de un solo día. Actualmente, solo *T. pavonia* es **utilizada como ornamental** en México y otros países como Japón. Existen libros, códigos y murales que registran los usos medicinales y comestibles que las culturas prehispánicas daban a la flor de oceloxóchtli o 'flor de tigre' como se lo conocía a esta especie.

### **Zephyrantes**

El género incluye unas 90 especies, **37 de ellas nativas de México** y muchas endémicas. Sus flores aparecen después de las primeras lluvias, se encuentran en climas secos hasta zonas inundadas temporalmente. Los bulbos son de 2.5 a 5 cm de diámetro, redondeados u ovoides, cubiertos con una túnica delgada café o negra. El tamaño varía desde muy pequeño en *Z. jonesii* (Cory) Traub hasta muy grandes en *Z. lindleyana* Herb. El tallo floral es delgado, hueco y generalmente con una sola flor con forma cónica y seis pétalos blancos, rosas o amarillos. Recientemente se han documentado híbridos con tonos rosa, naranja y rojo, con patrones de rayas y fragancia agradable. **La vida de florero es de uno a dos días**, aunque se desarrollan nuevas flores de forma continua. La viabilidad de las semillas se pierde en dos a ocho semanas y la floración puede llevar hasta dos años, por lo que se propagan por división de bulbos.

### **Milla**

*Milla biflora* es la especie que representa a este género, **se conoce como «flor de San Juan» o «estrella de México»**. Su centro de origen es México, aunque se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta Guatemala. Es una planta herbácea que produce tallos florales de hasta 90 cm con tres

a doce flores blancas en función del tamaño del cormo, con nervaduras verdes; se utiliza de manera ornamental y en **infusión para aliviar la tos**. Las semillas pueden ser sembradas a partir de que se colectan las cápsulas y mantienen su viabilidad aún después de dos años de almacenamiento. Al final de la temporada seca e inicio de las lluvias, sus flores **producen un intenso perfume nocturno** y su vida de florero alcanza varios días, por lo que puede ser utilizada como flor de corte o en áreas verdes con poca disponibilidad de agua.

### **Polianthes**

El género *Polianthes* incluye a 15 especies, las poblaciones más grandes se han registrado en el sur de la Sierra Madre Occidental y el Cinturón Volcánico Transmexicano en bosques de pino y encino, algunos pastizales y bosques tropicales y semicaducifolios. La especie mejor conocida es *P. tuberosa* L. (nardo) que produce flores blancas con un botón floral que puede ser rosado tenue en condiciones frías, aunque se han encontrado especies silvestres con flores amarillas, rosa, naranja y rojo. Usualmente **florece en verano y principios de otoño** después de plantar el cormo en primavera. El eje principal de la inflorescencia puede tener de 20 a 30 flores y alcanzar entre 14 a 28 cm. Sus flores pueden permanecer frescas por periodos y distancias largas. Esta planta es cultivada en India, Nueva Zelanda, Japón y México, y **produce uno de los aceites más caros y raros del mundo** que se utiliza en la industria del perfume.

### **Sprekelia**

La especie más representativa del género es *Sprekelia formosissima*, **conocida como lirio azteca**

y se distribuye desde el norte (Chihuahua) al sur de México (Oaxaca) y Guatemala. Es herbácea perenne con bulbos globosos tunicados con hojas basales en roseta, lineales de 20 a 45 cm de largo. Presenta un tallo floral (raramente dos o tres) de 7 a 25 cm de longitud (puede alcanzar 75 cm) que crece directamente desde el bulbo, regularmente con una sola flor que puede ser de diferentes tonos de rojo con simetría bilateral que alcanza hasta 20 cm. Florece en marzo y abril, aunque en cultivo puede florecer en cualquier época del año. La propagación es por división de bulbos, ya que la obtención de un bulbo maduro a partir de semilla lleva hasta cuatro años. En condiciones naturales, **produce uno o ningún brote** por año.

### **Perspectivas sobre la geófitas ornamentales de México**

Entre las plantas geófitas mexicanas existen especies y géneros con potencial para ser utilizados como ornamentales, algunas ya son cultivadas y comercializadas para diferentes propósitos, aunque presentan características que limitan su expansión como vida de florero corta, flores pequeñas, colores limitados y propagación lenta. Estos aspectos pueden ser cambiados a través de programas de **mejoramiento genético y de micropropagación**, los cuales son una alternativa para la obtención masiva de plantas y una forma de prevenir la colecta excesiva de las poblaciones naturales, tal como ha sucedido con las dalias. El estudio y aprovechamiento del germoplasma nativo de México, **puede contribuir al desarrollo de nuevas variedades** de interés para la horticultura ornamental y posicionar estas especies al nivel de las geófitas ornamentales de mayor importancia mundial.



Mera-Ovando, L.M. y Bye, R. (2006). La Dahlia una belleza originaria de México. *Revista Digital Universitaria*, 7(11), 1-11. [http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov\\_art90.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.7/num11/art90/nov_art90.pdf)

Tapia-Campos, E., Rodríguez-Domínguez, J.M., Revuelta-Arreola, M.M., Van Tuyl, J.M. y Barba-González, R. (2012). Mexican geophytes II. The genera *Hymenocallis*, *Sprekelia* and *Zephyranthes*. *Floriculture and Ornamental*

*Biotechnology*, 6(SPEC.ISS.1), 129-139. [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/2012/FOB\\_6\(S11\)/FOB\\_6\(S11\)129-1390.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOOnline/images/2012/FOB_6(S11)/FOB_6(S11)129-1390.pdf)

Vázquez-García, M.L. (2011). Tigridias ornamentales, uso y distribución. *Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225116/Tigridias\\_ornamentales\\_uso\\_y\\_distribucion.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/225116/Tigridias_ornamentales_uso_y_distribucion.pdf)

# ARTÍCULO

## Las flores de mi florero

Gumercindo H. De La Cruz-Guzmán y Lizeth Gabriela Ríos Florida



<https://pixabay.com/es/photos/tulip%a1n-ramo-de-tulip%a1n-1232068/>

**Gumercindo H. De La Cruz-Guzmán.** Profesor de fisiología en postcosecha de hortalizas y ornamentales, Unidad de Morfología y Función, FES-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

[moashi@unam.mx](mailto:moashi@unam.mx)

**Lizeth Gabriela Ríos Florida.** Tesista de la licenciatura de biología, FES-Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México.

[floridagaby15@gmail.com](mailto:floridagaby15@gmail.com)

Un ramo floral podría ser el mejor presente para eventos especiales ya que denota sensibilidad de quien lo obsequia o recibe. Para ambos, el anhelo podría ser que su apariencia estética dure el mayor tiempo posible. En este artículo describimos acciones concretas para mantener la hidratación, mejorar el flujo de agua y mantener el buen aspecto de las flores de corte, por ejemplo, con la aplicación de azúcar refinada con cloro o el uso de ozono.

### Plantas cultivadas para flor de corte

Dentro de las plantas ornamentales existen aquellas que se comercializan como flor de corte. Consisten en tallos con hojas y botones florales que se cortan para su venta, es así como los encontramos en tiendas de autoservicio, mercados y hasta en los cruces donde los automovilistas se detienen por la luz roja de los semáforos.

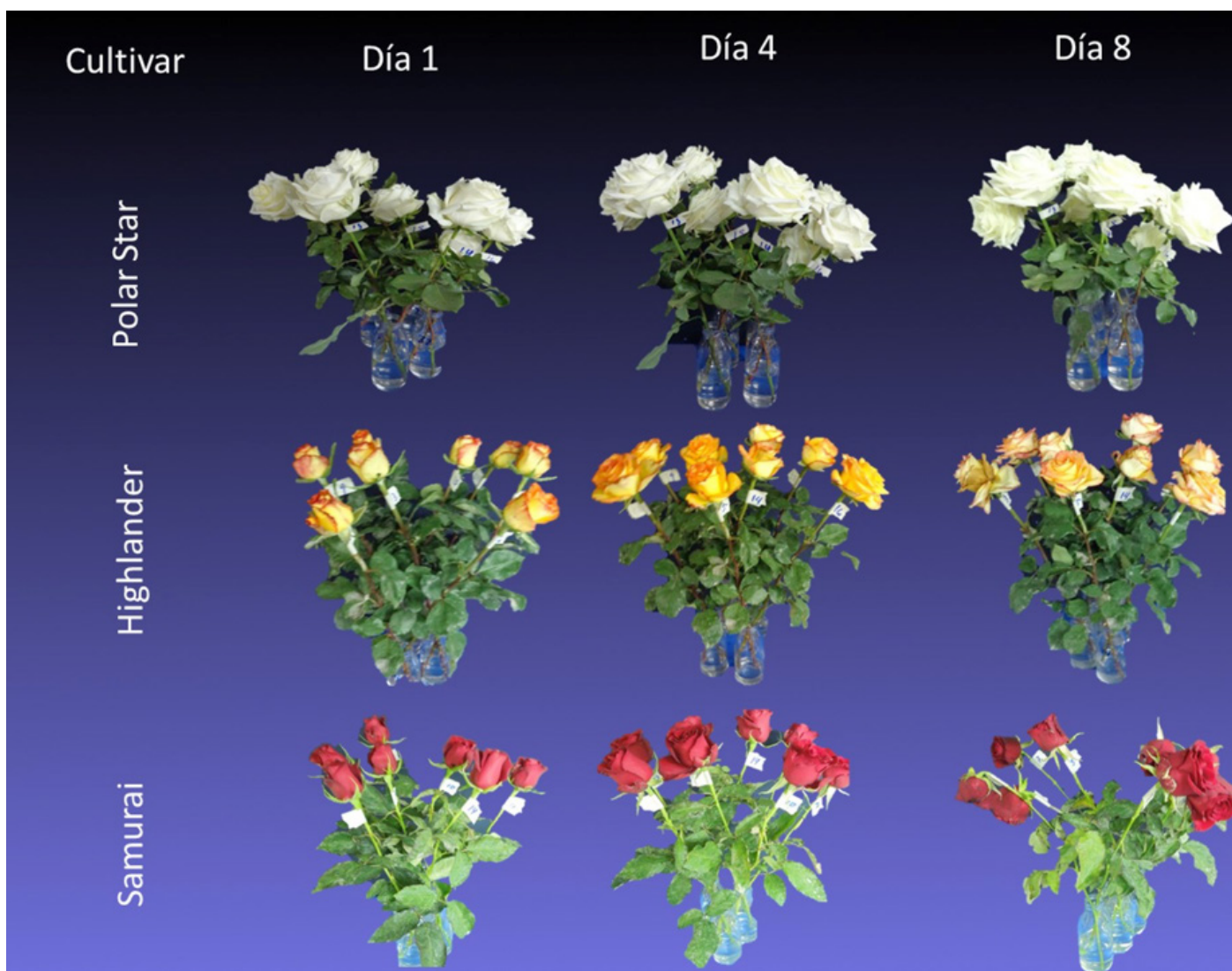
Sus presentaciones están acorde al evento, por ejemplo, para el 14 de febrero abundan los ramos de colores intensos y para el día de las madres o ceremonias religiosas los de tonalidades claras. Pero las flores de corte han pasado a formar parte de nuestra vida cotidiana, adornando las mesas donde servimos los alimentos o decorando algún sitio de nuestra oficina.

Una vez que llegan a la florería de la esquina y después hasta nuestros hogares, es importante que permanezcan frescas y atractivas, de ser posible, una eternidad. La duración de **su calidad se refleja en la brillantez de sus hojas o en el color intenso de sus flores**, por eso debemos realizar algunas acciones para mantener su vida en el florero. A continuación te describimos algunas de ellas.

### ¿De qué depende la duración de las flores de corte?

La vida en el florero, que es el **número de días que se mantiene vivo un tallo floral dentro de un jarrón**, depende de las labores de cultivo y de postcosecha. Por ejemplo, el riego de cultivos con solución nutritiva, monitoreo de plagas y enfermedades reflejan una buena apariencia visual de tallos y la apertura de sus flores, comparado con plantas cultivadas en presencia de plagas o nutrición deficiente.

En postcosecha, el almacenamiento y el transporte entre 0 y 4 °C en tallos florales de rosa, crisantemo, gladiola o claveles, y entre 10 y 12 °C en ornamentales tropicales como ave del paraíso y heliconias, disminuye el metabolismo celular, retardando la marchitez de los tallos. Por su parte, el **uso de soluciones preservantes también ayuda a mantener la vida en el floreo**, pues disminuyen la concentración de microorganismos que pueden dañar a los tallos, permiten un buen flujo de agua e inhiben la síntesis de etileno, la hormona vegetal que acelera la senescencia, proceso que percibimos como marchitamiento.





El uso de estas soluciones es una práctica que puede realizar todo aquel que compre un ramo de rosas, o todos aquellos que se dedican al comercio de flor de corte para mejorar la calidad de sus productos.

#### ¿Qué es una solución preservante?

Una solución preservante es una **mezcla de compuestos químicos con agua que se utiliza para retrasar la muerte de los tallos florales**. Existen preservantes comerciales que han demostrado ser buenos para mantener la vida en florero y el peso de los tallos, mejorar la apariencia visual, aumentar la apertura de botones florales y mantener la hidratación. Pero, los productos comerciales ya tienen fórmulas de preparaciones específicas y secretas.

Entonces, ¿qué debe contener una solución preservante? Es muy sencillo, siempre debe tener **una fuente de energía** para los tallos y un **componente germicida** para prevenir la proliferación de microorganismos.

#### ¿Cómo aportar energía?

Para que ocurra la apertura de los botones florales, los tallos requieren de energía. El uso de **azúcar de mesa (sacarosa)** se ha vuelto común porque es un producto fácil de encontrar a la venta. Este compuesto contiene glucosa necesaria para que una planta lleve a cabo la respiración celular,

produzca ATP (la molécula energética) y no frene su metabolismo, permitiendo que las flores abran.

Pero, ¿qué cantidad de azúcar agregar? Para gerberas, lilis, rosas o girasoles se sugiere disolver 1, 10, 15 y 20 gramos de azúcar por litro de agua, respectivamente. Aunque se ha comprobado que **10 gramos de azúcar en 1 litro de agua** es la concentración necesaria para todas las flores con botones cerrados o semiabiertos. Sin embargo, a pesar de sus beneficios, el uso único de sacarosa tiene un defecto, ya que también juega un papel importante en ser fuente de energía para microorganismos como bacterias o algas.

#### ¿Los microorganismos son malos para las flores de corte?

Es muy importante tomar en cuenta que la proliferación de microorganismos, dentro de los tallos y en la solución de florero, trae consigo la producción de sustancias que bloquean el sistema vascular de los tallos (xilema y floema) por donde circula el agua y los azúcares.

Este fenómeno provoca estrés hídrico, estado en el que una planta transpira más agua de la que absorbe y, por lo tanto, ocurre marchitamiento prematuro. Además, se ha reportado que algunas bacterias son capaces de sintetizar etileno. Es por eso que al aplicar sacarosa se debe buscar un compues-

to que la complemente para cumplir los requisitos de la receta mágica de una solución preservante, y así evitar la proliferación de microorganismos.

### ¿Cómo combatir a los microorganismos?

Es casi imposible eliminar la presencia de microorganismos, pero podemos disminuir su concentración. El primer paso es muy sencillo, consiste en realizar un corte basal de 3 cm del tallo al colocarlo en un florero y repetir este procedimiento cada cinco días. Esto funciona porque los microorganismos suelen habitar en esa zona del tallo, entonces, hay que eliminar su área de confort.

Por otro lado, de seguro has escuchado que si agregas cinco **gotitas de una solución con cloro al agua de un florero**, como el hipoclorito de sodio comercial con el que realizas la limpieza de tu hogar, tus flores durarán más tiempo. Esto es verdad, ya que el cloro y muchos compuestos más, inhiben el crecimiento de microorganismos. Ya sea rompiendo membranas celulares o acidificando el agua del florero, los compuestos germicidas no pueden faltar en tu solución preservante.

### ¿Con qué puedo complementar mi solución preservante?

Es aquí donde podemos hablar del etileno, ya que, si controlamos su concentración, podemos retrasar la muerte de nuestras flores de corte. Para esto, existen compuestos que evitan la producción de esta hormona, ya sea inhibiendo su ruta metabólica dentro de la planta o engañando a los receptores de etileno.

Ejemplos de estos son la hidroxiquinoleína, sales de cobre o nanopartículas de plata. Sin embargo, estos compuestos, aparte de tener nombres

raros, pueden ser difíciles de conseguir y aunque se utilizan en concentraciones muy pequeñas, dejan residuos que podrían ser peligrosos y contaminar el ambiente.

¿Existen alternativas? Claro que existen, y por el momento en este artículo solo se abordará al **ozono**. Este compuesto es un gas al que se le han adjudicado propiedades desinfectantes, por lo que se ha utilizado en el manejo postcosecha de hortalizas y flores de corte mediante su disolución en agua (agua ozonificada).

Experimentalmente se ha comprobado que **su uso reduce la concentración de bacterias en la solución de florero**. También aumenta la absorción de agua por parte de los tallos, mantiene su peso fresco y retrasa el marchitamiento. Otra cosa muy importante es que inhibe la producción de etileno.

Además, es un compuesto muy sencillo de aplicar y conseguir, lo único que se necesita es un purificador de agua a partir de ozono. También es necesario saber la concentración de ozono que expulsa el purificador y aplicarlo aproximadamente durante un minuto cada tercer día en el agua del florero. ¡Algo muy importante! Durante este proceso el tallo floral debe estar fuera del florero, ya que su aplicación directa puede ser contraproducente.

Dicho todo esto, entendemos que **la vida en el florero de las flores de corte depende de muchos factores**. Altas concentraciones de azúcar proporcionan energía, pero también favorecen la proliferación de microorganismos. El exceso de cloro provoca desbalance en las células de la planta y puede morir. Pero, si tu deseo es tener flores de corte con follaje verde y brillante, con flores coloridas y muy abiertas y, además, que duren un largo tiempo, recuerda los consejos que te dimos aquí.



Arévalo-Galarza, L., García-Osorio, C. y Rosas-Saito, G.H. (2012). Factores que afectan la vida de florero en flores de corte. *Agro productividad*, 5(3), 28-35. [https://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Agroproductividad/2012/AGROPRODUCTIVIDAD\\_III\\_2012.pdf](https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2012/AGROPRODUCTIVIDAD_III_2012.pdf).

Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. (2010). *Manual de buenas prácticas de poscosecha para flor de corte y follajes asociados*, 2da. Ed, Bogotá, Colombia, Liber-

tad y Orden, Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, 149 pp. [https://rutadelasostenibilidad.org/wp-content/uploads/2020/02/Manual\\_poscosecha\\_2010-V-2-0.pdf](https://rutadelasostenibilidad.org/wp-content/uploads/2020/02/Manual_poscosecha_2010-V-2-0.pdf).

Reid, M.S. (2009). *Poscosecha de las flores cortadas manejo y recomendaciones*, Estados Unidos, Ediciones Hortitecna Ltda. <https://ucanr.edu/datastoreFiles/234-2624.pdf>

# ARTÍCULO

## La resistencia a antimicrobianos no es exclusiva de las bacterias

Christian Cortés Rojo y Elizabeth Calderón Cortés



Imagen de Steve Buissonne en Pixabay

**Christian Cortés Rojo.** Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Químico-Biológicas, Laboratorio de Disfunción Mitocondrial, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[christian.cortes@umich.mx](mailto:christian.cortes@umich.mx)

**Elizabeth Calderón Cortés.** Profesora-Investigadora de la Facultad de Enfermería, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[elizabeth.calderon@umich.mx](mailto:elizabeth.calderon@umich.mx)

### Resistencia de las bacterias a los antibióticos

La terapia antimicrobiana utilizada de manera indiscriminada ha provocado la aparición de bacterias resistentes a antibióticos, lo cual se debe a la asombrosa capacidad que tienen estos microorganismos para adaptarse a nuevas condiciones ambientales. Esta capacidad de adaptación se puede deber a modificaciones genéticas y a mecanismos bioquímicos que desarrollan y que tienen como resultado la resistencia a ciertos tipos de antibióticos. Es así como **las bacterias pueden experimentar modificaciones genéticas**, e incluso **transferirla a otras bacterias** para conferirles resistencia a los antibióticos.

Pero hablando de los hongos, otro grupo de microorganismos que abundan en todos lados ¿Qué sabemos de ellos en cuanto a las enfermedades que producen y su resistencia a la terapia farmacológica? ¿Estos adquieren también resistencia a los antimicrobianos?

### ¿Qué son los hongos y qué enfermedades pueden originar?

Aunque antes se les consideraba como plantas, ahora a los hongos se les ha asignado su propio reino denominado Fungi. Existen aproximadamente doscientas mil especies de hongos, pero solo pocas especies tienen el potencial de causar infecciones en los humanos.

Las infecciones provocadas por los hongos se denominan micosis y se dividen en superficiales y sistémicas. Las **micosis superficiales** abarcan infecciones de piel, uñas y de las mucosas de la boca, nariz y vagina, mientras que las micosis sistémicas comprometen órganos, mucosa gastrointestinal y el torrente sanguíneo.

Las micosis sistémicas se clasifican en dos categorías: 1) **patógenos verdaderos**, que son aquellas que infectan a individuos sanos; y 2) **patógenos oportunistas**, que son aquellos que infectan principalmente a individuos cuyo sistema inmunológico está decaído (inmunocomprometidos), tales como los pacientes con VIH/SIDA, los que son tratados con quimioterapia contra el cáncer, o los que deben tomar esteroides de manera crónica con la intención de inhibir procesos tales como el rechazo a órganos trasplantados.

En los últimos años, las infecciones micóticas oportunistas han aumentado de manera significativa en todo el mundo. Estas micosis son causadas por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Candida*. Sin embargo, ***Candida* es la principal causa de micosis en el mundo**, especialmente en pacientes tratados con fármacos inmunosupresores, pacientes sometidos a cirugía o trasplante de órganos, lactantes prematuros y pacientes con VIH/SIDA.

En el género *Candida*, podemos encontrar más de doscientas especies, de las cuales, *Candida albicans*, *Candida glabrata*, *Candida tropicalis*, *Candida parapsilosis* y *Candida krusei* son patógenos para el hombre.

### Los hongos oportunistas pueden resistir el ataque de antifúngicos

Los antifúngicos son fármacos utilizados para combatir las infecciones provocadas por los hongos patógenos, equivalentes a los antibióticos dirigidos para las infecciones bacterianas. Este tipo de fármacos puede provocar modificaciones en estructuras básicas de la célula fúngica, inhibiendo su desarrollo y disminuyendo su viabilidad. Dentro de estos fármacos existen los de la familia de los azoles (fluconazol, itraconazol, entre otros) y las equinocandinas (caspofungina, anidulafungina y micafungina), que son utilizados ampliamente para tratar las infecciones por especies de *Candida*. A pesar de la diversidad de antifúngicos, existe preocupación con respecto a la terapia infecciosa antifúngica, debido a que en los últimos años se ha observado un incremento importante en el número de **pacientes con micosis que no responden a los tratamientos**

convencionales. ¿Cuál es la causa de este comportamiento no esperado?

### Resistencia a azoles

Los hongos están provistos de dos capas que las protegen del medio exterior y les permiten sobrevivir cuando las condiciones ambientales son adversas, estas capas se les denomina pared celular y membrana plasmática. En el caso de los fármacos azo-





les, estos actúan bloqueando la formación de un componente estructural de la membrana de los hongos, denominado ergosterol. Esto tiene como resultado la formación de una membrana fúngica que no protege bien del medio externo, lo que se traduce en la destrucción de la célula. En la actualidad, se conoce que algunas especies de *Candida* han desarrollado resistencia al ataque de los antifúngicos azoles. Los principales mecanismos de resistencia a los azoles son:

- El microorganismo desarrolla **bombas para expulsar los fármacos** azoles.
- El hongo comienza a disminuir la producción de algunas de las proteínas especializadas que son atacadas por los azoles. De igual manera, el hongo **modifica la composición de su pared celular**. El resultado final de ambas modificaciones es resistir el ataque con los azoles.
- El microorganismo puede desarrollar **mecanismos alternos para prevenir alteraciones** en su membrana celular y la acumulación de productos tóxicos en su interior.

### Resistencia a equinocandinas

La pared de las células fúngicas está compuesta por proteínas y unos azúcares que se llaman glucanos, mananos y quitina, los cuales ayudan a la célula a protegerse de cambios en el ambiente que podrían comprometer su supervivencia. Las equinocandinas, son un **grupo de fármacos que pueden alterar la formación de glucano**, lo que trae como resultado que las células fúngicas sean más susceptibles a la muerte. Aunque es poco común la resistencia a equinocandinas, se ha encontrado que algunas especies de *Candida* han desarrollado mutaciones en su material genético para que las equinocandinas no se puedan unir a la célula y así hacerse resistentes a estos fármacos.



### Hongos y bacterias superresistentes

La exposición prolongada a los antifúngicos ha originado la aparición de organismos resistentes a estos fármacos, debido a que los hongos, al igual que las bacterias, tienen la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones ambientales a las que están expuestos, esto como un proceso evolutivo basado en la selección natural de organismos que mejoran su capacidad para sobrevivir y crecer en presencia de fármacos. Sin embargo, no deja de ser preocupante cómo **el manejo inadecuado de la terapia infecciosa, ha contribuido al desarrollo de estos microorganismos resistentes**. Mucho de ello tiene que ver con la automedicación y el rechazo a ser atendido por un especialista para que mande a hacer estudios para conocer qué antifúngico es mejor para el paciente.

Por lo que la pregunta que surge es: ¿Seguiremos contribuyendo en la aparición de estos microorganismos resistentes por nuestras actitudes negativas como la automedicación? ¡No te automediques! ¡No suspendas nunca un tratamiento con antibióticos o antifúngicos!



Cortés L., J.A. y Russi N., July A. (2011). Equinocandinas. *Rev. Chil. Infect.*, 28(6), 529-536. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182011000700004>

Nocua-Báez, L.C., Uribe-Jerez, P., Tarazona-Guaranga, L., Robles, R. y Cortés, J.A. (2020). Azoles de antes y aho-

ra: una revisión. *Rev. Chil. Infect.*, 37(3), 219-230. <http://dx.doi.org/10.4067/s0716-10182020000300219>

Pristov, K.E. y Ghannoum, M.A. (2019). Resistance of *Candida* to azoles and echinocandins worldwide. *Clinical Microbiology and Infection*, 25, 792-798. <https://www.clinicalmicrobiologyandinfection.com/action/showPdf?pii=S1198-743X%2819%2930149-1>

# ARTÍCULO

## Xurahue Muyeca: Reservorio biológico y cultural

Leopoldo Hurtado Reveles y Mireya Burgos Hernández



Columnas de roca en Xurahue Muyeca (Sierra de los Cardos), Zacatecas, México. Fotografía: Leopoldo Hurtado Reveles.

**Leopoldo Hurtado Reveles.** Estudiante del Programa de Doctorado del Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.

[leohr@outlook.com](mailto:leohr@outlook.com)

**Mireya Burgos Hernández.** Profesora Investigadora del Colegio de Postgraduados, Posgrado en Botánica, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

[burgos.mireya@colpos.mx](mailto:burgos.mireya@colpos.mx)

**E**n el centro-sur del estado de Zacatecas, entre los municipios de Jerez, Monte Escobedo, Tepetongo, Susticacán y Valparaíso, se eleva hasta poco más de 2 900 m de altitud el continuo montañoso de la Sierra de los Cardos o *Xurahue Muyeca*. Enormes rocas de formas caprichosas en posiciones casi absurdas, caracterizan muchos de los cerros que la componen y forman parte de la Sierra Madre Occidental, en su transición hacia la Mesa Central. Esta sierra representa un paisaje cuya riqueza biológica, cultural y paisajística está poco documentada y desprotegida.

Aunque se le conoce comúnmente como la Sierra de los Cardos, son varios sus nombres según la localidad aledaña, entre algunos de ellos se encuentran la Sierra de Susticacán en el municipio de Susticacán y la Sierra de las Cándelas en el norte de Jerez. Aquí nos referimos a ella por su nombre *wixarika*, *Xurahue Muyeca*, que aunque se puede encontrar escrito de distintas formas, todos los autores coinciden en que significa 'Cerro de la Estrella'. Su extensión es confusa, ya que no existe una delimitación oficial, pero mapas estatales la distinguen como una sola sierra, mientras que el INEGI la separa como un área continua de sierra alta de aproximadamente 800 km<sup>2</sup>, rodeada de valles y lomeríos.

Aunque muy valiosos, los estudios en la zona apenas hurgan la superficie de su diversidad biológica. Los únicos dos estudios de flora, han encontrado una **riqueza de plantas** considerable, **algunas de ellas en peligro crítico de extinción**, por lo que concluyen con la necesidad de una mayor exploración en el área. Asimismo, los pocos estudios enfocados en fauna revelan también una

importante cantidad de especies. Además de ser un **paisaje sagrado** para los habitantes de los alrededores por tiempos inmemorables, *Xurahue Muyeca* sorprende e inspira por su encantadora y multicolor diversidad de plantas, animales y sobre todo de paisajes. Profundas y oscuras cañadas, paredones de rocas colosales, inmensos monolitos en formas fantásticas y amplios campos cubiertos de flores, son solo algunos de los panoramas que conforman esta enigmática sierra.

### Mosaico de diversidad

Un estudio reciente encontró que, en solo una parte de la sierra, se puede distinguir un intrincado mosaico de tipos de vegetación, cada una con especies características y vinculadas a un hábitat específico. Así, podemos encontrar extensiones de **arbustos y nopales** en las laderas más secas, **bosques frescos de encinos** con las plantas más exuberantes en cañadas, ensamblajes de plantas adaptadas a las condiciones extremas de los peñascos, por mencionar algunas de las vegetaciones más contrastantes. A lo largo de estas co-



Parte de la sierra entre los municipios de Susticacán y Jerez. Realmente es un mosaico de comunidades vegetales, donde es posible apreciar pinares, encinares, chaparrales y vegetación de peñascos. Fotografía: Leopoldo Hurtado Reveles.



Fotografías: Leopoldo Hurtado Reveles.

comunidades se puede encontrar un vasto catálogo de plantas solo para la porción del municipio de Sustiacacán, con un registro de 342 especies; mientras que para un cerro de la parte norte de la misma sierra, se contaron 237. Esto prueba cómo incluso en áreas pequeñas, se puede encontrar una alta diversidad y demuestra la **heterogeneidad de las comunidades biológicas** de la sierra.

En cuanto a los animales, se han llevado a cabo importantes esfuerzos que por sí solos dan indicios de la importancia de la zona. Un reporte indica que las sierras de la parte centro y sur del estado, entre ellas *Xurahue Muyeca*, **albergan el 87% de anfibios y el 56% de reptiles de toda la entidad federativa**. Por otra parte, aunque no hay estudios sobre mamíferos, monitoreos han detectado en el último año pavo salvaje (*Meleagris gallopavo*), coatí de nariz blanca (*Nasua narica*), puma (*Puma concolor*), pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), cacomixtle (*Bassariscus astutus*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y mapache (*Procyon lotor*). Estos trabajos llaman a desarrollar más estudios en estas regiones poco exploradas. De hecho, el año pasado, la CONABIO sorprendió con el **primer reporte de jaguar** (*Panthera onca*) para Zacatecas, lo que comprueba que aún hay mucho por descubrir. Los ornitólogos, por su par-

te, hacen eco de estas propuestas y ya son notables sus esfuerzos, pues en los últimos cinco años han reportado la presencia de **14 especies de aves vistas por primera vez en el estado**.

Algunas especies de flora presentes en *Xurahue Muyeca* son el clavel de monte (*Silene laciniata* Cav.), la orquídea coral de flor grande (*Bletia mexicana* Greenm. Sosa & M.W. Chase), *Begonia tapatía* (Burt-Utley & McVaugh) y *Gentianopsis lanceolata* (Benth.) Iltis. Por otra parte, la serpiente de cascabel de cola negra (*Crotalus molossus*) habita hacia el municipio de Sustiacacán. También se han encontrado talismanes en el sitio sagrado de *Xurahue Muyeca*.

### Lugar sagrado de purificación

La ruta de peregrinación religiosa *wixarika* pretende conservar el vínculo con sus ancestros, quienes ejercen el control sobre el clima y otros procesos naturales. Este recorrido atraviesa cientos de kilómetros de serranías y parte desde distintas comunidades en la Sierra Madre Occidental, entre los estados de Nayarit, Jalisco, Zacatecas y Durango hacia el Este, hasta los alrededores de la Sierra de Catorce en el estado de San Luis Potosí.

Fernando Benítez, quien en el siglo pasado plasmó sobre papel sus experiencias siguiendo los

pasos de una comunidad *wixarika*, narró cómo el turbulento recorrido puede ser visto por los ojos de un externo. En *Xurahue Muyeca* se ubica el paraje que le da su nombre y Benítez señala lo siguiente: «bajó la Diosa Estrella, en compañía de *Eakatewari*, el Dios del Viento, y los dos se pusieron de acuerdo en limpiar los pecados de los seres sobrenaturales que hicieron el viaje en el principio del mundo».

Aunque a lo largo de la sierra existen pequeños santuarios donde los peregrinos se reúnen, se dice que el sitio específico donde ocurrió el descenso de la diosa se perdió; sin embargo, hace poco fue redescubierto cerca de una comunidad en Valparaíso. Giménez de Azcárate y colaboradores, señalan que, en algunas regiones de la Ruta Huichol, **existen concentraciones de sitios sagrados que convierten al paisaje a su vez en uno sagrado**, como lo es *Xurahue Muyeca*.

El paisaje rocoso de *Xurahue Muyeca*, típico de Zacatecas, se conoce también como la Sierra de Órganos, e hizo de ella un escenario digno de filmaciones nacionales e internacionales. De hecho, estudios en ambas sierras demuestran que en estas formaciones crece un tipo de vegetación

muy particular, pues la mayoría de las especies están altamente adaptadas a este hábitat de clima extremo. Sobre el **significado de estos peñascos para los *Wixarikas***, podemos aludir a un texto publicado por el Museo Nacional de Antropología e Historia, donde explican cómo una formación rocosa en Jalisco **representa a algunos de sus ancestros petrificados**. Con la gran cantidad de formaciones rocosas de formas tan excéntricas en el área, emerge la duda de si alguna de ellas tiene algún significado en su cosmología. Esto nos deja ver que aún hay mucho que no sabemos de esta región en vinculación con su significado para los *Wixarikas*. De hecho, al recorrer la sierra, es común encontrar ofrendas en los más altos peñascos, señal de que son, en efecto, sitios con gran significado y simbolismo.

#### Un paisaje en evolución

Sobre el estado de conservación de *Xurahue Muyeca* sabemos muy poco. Un estudio reciente señala que la prevalencia de algunas de las comunidades vegetales en ciertos sitios, puede ser una señal de que se desarrolló o se sigue desarrollando un fuerte impacto humano. No obstante, no pode-



«El narizón» en Xurahue Muyeca en el municipio de Jerez. Fotografía: Mireya Burgos Hernández.

mos dejar de lado las iniciativas locales cada vez más fuertes de ecoturismo, sobre todo en la parte de Jerez, donde existe una oferta de turismo enfocado en la preservación de la naturaleza. En cuanto a iniciativas de conservación, solo un **decreto de Área Natural Protegida preserva una pequeña área de la sierra**, pero deja fuera la mayor parte de *Xurahue Muyeca*.

Quizás la más fuerte iniciativa de conservación es la propuesta por Giménez de Azcárate y colaboradores. En su diagnóstico de la Ruta Huichol, justifican la importancia de preservar efectivamente la ruta peregrinatoria *Wixarika*, con énfasis en ciertos polígonos a lo largo de todo el recorrido. La propuesta resalta paisajes sagrados, según su riqueza biológica e importancia cultural, uno de estos polígonos es *Xurahue Muyeca*. Ellos proponen que la **Ruta Huichol sea declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad**, lo que la convertiría en la primera nominación de un Paisaje Cultural Asociativo vinculado a una tradición viva en América Latina.

A lo largo y ancho de este megadiverso país, aún hay mucho que descubrir y que no sabemos sobre nuestra historia y cómo nos vinculamos a nuestro capital natural. Lo anterior, lo demuestra la sierra de *Xurahue Muyeca* que, aunque por milenios ha sido apreciada por el pueblo *Wixarika*, apenas en décadas recientes la comunidad científica y el público en general comienza a conocerla mejor. Los pocos estudios existentes evidencian la inmensa **riqueza biológica y cultural de la región**, pero también dan cuenta de los vacíos de información que prevalecen. Esto resulta importante, pues nos encontramos en una carrera contra el tiempo para conservar nuestro capital natural y cultural.



Giménez de Azcárate, J., Fernández, H., Candelario, T., Lira, R. y Llano, M. (2018). Diagnóstico cultural y natural de la Ruta Huichol a Huiricuta: Criterios para su inclusión en la Lista del Patrimonio Mundial. *Investigaciones geográficas*, 96, 1-18. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/59604/53164>

Hurtado-Reveles, L., Burgos-Hernández, M., López-Acosta, J.C. y Vázquez-Sánchez, M. (2021). Im-

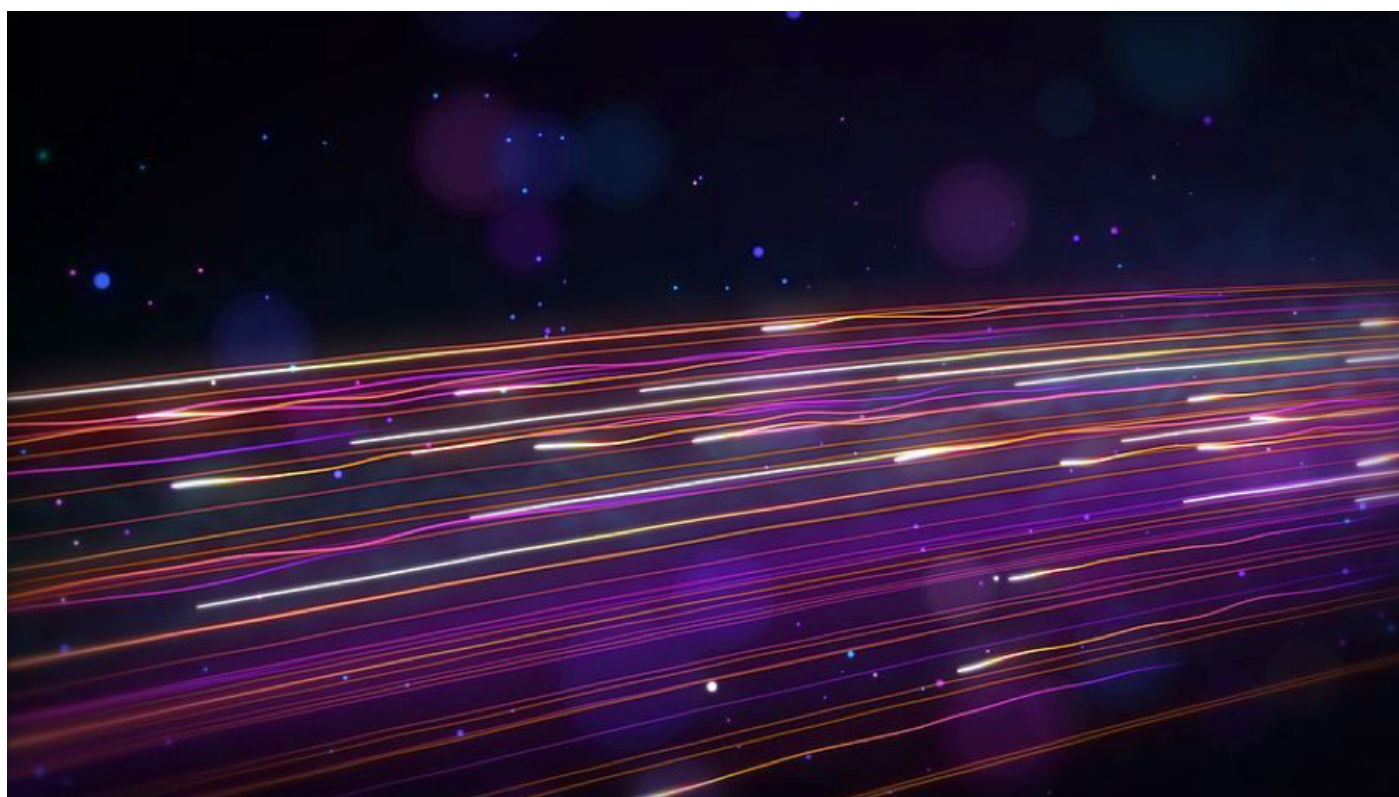
portance of Local Studies of Vascular Plant Communities in Conservation and Management: A Case Study in Sustiacán, Zacatecas, Mexico. *Diversity*, 13(10), 1-17. <https://www.mdpi.com/1424-2818/13/10/492>

Olvera Galarza, F. y van't Hooft, A. (2015). La ruta ancestral del pueblo wixarika a Wirikuta. *Revista Chilena de Antropología Visual*, 26, 21-45. [http://www.rchav.cl/2015\\_26\\_arto2\\_olvera\\_&\\_hooft.html#p2](http://www.rchav.cl/2015_26_arto2_olvera_&_hooft.html#p2)

# ARTÍCULO

## MiniBeBe: El detector mexicano de partículas

Cristian Heber Zepeda Fernández y Eduardo Moreno Barbosa



**Cristian Heber Zepeda Fernández.** Cátedra Conacyt en la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

[hzepeda@fcfm.buap.mx](mailto:hzepeda@fcfm.buap.mx)

**Eduardo Moreno Barbosa.** Profesor-Investigador de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

[emoreno@fcfm.buap.mx](mailto:emoreno@fcfm.buap.mx)

### Las partículas que no vemos

**A**lguna vez nos hemos quitado el suéter y escuchamos cómo algo «truenas», también nos ha ocurrido que al agarrar un objeto metálico después de levantarnos de una silla, oímos el mismo sonido. En algunas ocasiones, cuando tocamos a alguien, aparece el mismo sonido y decimos «¡Ay! me diste toques». Bueno, sabemos que ese fenómeno es porque al hacer fricción con el suéter, la silla o algún objeto, «nos cargamos» o «descargamos» eléctricamente y

esto ocurre porque nuestros átomos tienen más o menos electrones de los que necesitan. Entonces, cuando agarramos un objeto, la naturaleza busca el equilibrio y cede o toma electrones de ese objeto. Otro fenómeno de intercambio de electrones es cuando llueve; la fricción de moléculas en las nubes y las temperaturas provoca un intercambio de electrones y produce el relámpago. En estos ejemplos hemos hablado de electrones que, aunque no los vemos, **los podemos percibir con el sonido o con un destello de luz.**

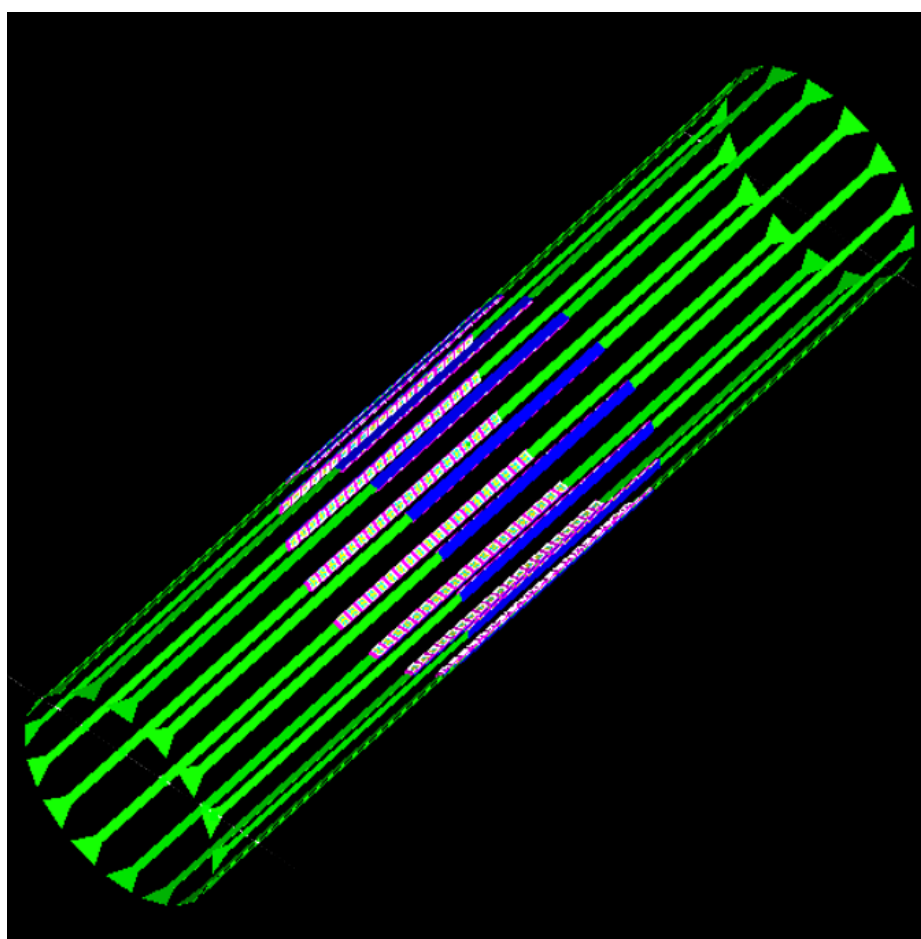
Los rayos cósmicos son otro tipo de partículas que viajan en el universo; se desconoce su origen, pero sabemos que constantemente están llegando a la Tierra, de hecho, mientras estás leyendo estas líneas, ¡los rayos cósmicos te están atravesando! Estos rayos tampoco los podemos ver.

### El ojo humano como instrumento de medición

En principio no existe un límite dado para el cual el ojo humano pueda alcanzar a ver objetos desde muy lejos, pues eso depende de diversos

factores, por ejemplo, la visión de la persona, el tamaño del objeto, el ambiente, la luz, etc.; sin embargo, para tamaños pequeños sí lo tiene. Nosotros podemos ver los objetos debido a que ellos reflejan la luz. La luz blanca está compuesta de todos los colores. Una manzana es roja, porque sus moléculas absorben la mayor parte de los colores y solo reflejan la luz roja. Las moléculas de una naranja absorben todos los colores y reflejan la luz naranja. Siguiendo este principio, tenemos el color de los objetos. El caso de los **objetos negros**, es porque no reflejan ningún color y **absorben todo**, es por eso que cuando usamos prendas negras en un día soleado, nos acaloramos muy rápido. En cambio, los **objetos blancos** reflejan todos los colores y **no absorben**, es por eso que las prendas blancas son frescas. Cada color tiene asociado una característica que es la **longitud de onda**, así es como se diferencia cada color.

Para que se puedan reflejar los colores, es necesario que las moléculas de los objetos sean a lo mínimo del tamaño de la longitud de onda. Por lo cual, si un objeto es más pequeño que la longitud de onda, no refleja la luz. Ni con ayuda de un microscopio se podrá ver, debido a que el microscopio solo aumenta el tamaño del objeto, pero si este objeto no refleja luz, entonces no será visto. **Un electrón** no tiene dimensiones, por lo cual **no refleja luz**. **Un átomo** es mucho más pequeño que la longitud de onda de la luz, así que **tampoco refleja**, entonces, ¡nadie ha visto un átomo!, no existe foto de él, simplemente se han especulado modelos respecto a lo que se ha conocido.





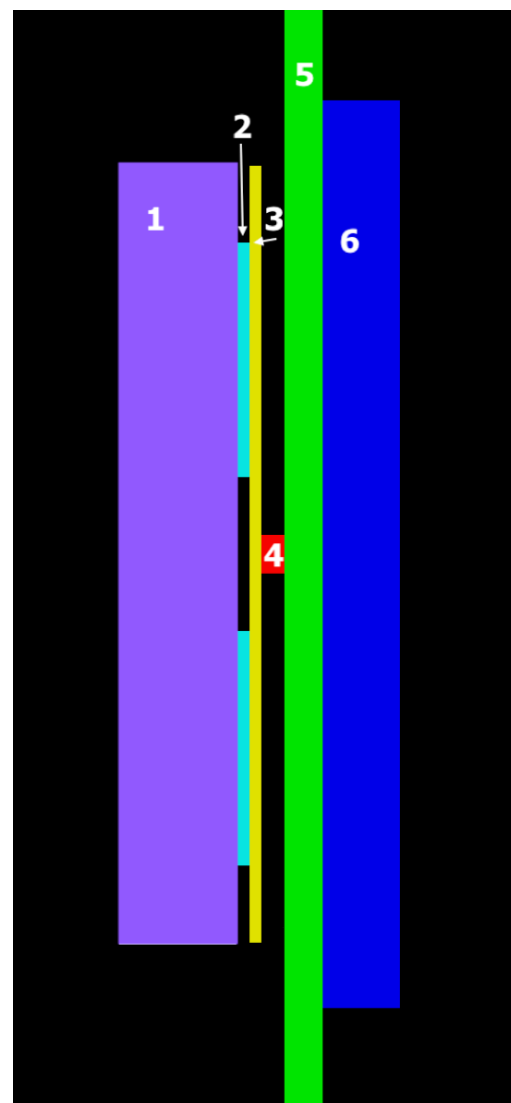
Si queremos hacer experimentos para «observar» partículas que no podemos ver, necesitamos un instrumento con el cual las partículas interactúen. Como resultado de esa interacción, sabremos que *detectó* una partícula.

### ¿Cómo «observar» partículas?

Debido a que existen partículas que no podemos ver, necesitamos instrumentos que nos ayuden a detectar el paso de ellas. Estos instrumentos son llamados **detectores**. La gran variedad de partículas como el electrón, los rayos cósmicos, los protones, los fotones, etc., interactúan de manera distinta con los materiales, es por ello que existen una gran variedad de detectores, los cuales **son diseñados para «seleccionar» ciertas partículas**. Por ejemplo, un detector del cual han escuchado nombrar para captar rayos cósmicos o fuentes radiactivas, es el contador Geiger. Hablemos de unos detectores en particular: **los centelladores sólidos**, los cuales, al paso de partículas cargadas, interactúan con estos (electromagnéticamente) y generan luz azul.

Para captar la luz generada, es necesario colocar en su superficie un fotosensor, el cual es un instrumento que **genera una corriente eléctrica cuando recibe luz**. De esta manera, cada vez que se tenga una corriente eléctrica o pulso, sabremos que una partícula cargada pasó a través del centellador. Regularmente, se desea captar toda la luz que es generada dentro del centellador, por lo que es necesario forrar con ciertos materiales para evitar fuga de luz o que luz externa entre en el centellador y produzca un pulso falso. Otros tipos de detectores son **de gas y sólidos**, los cuales, al paso de una partícula (no necesariamente cargada) *ionizan* el gas y con un campo eléctrico los electrones ionizados son movidos a un *ánodo* y producen una corriente o pulso.

Estos tres tipos de detectores varían en tamaño y geometría, y dependen del tipo de partículas que se quiere detectar. El conjunto de estos detectores es con lo que se forma un experimento, tal es el caso del *Compact Muon Solenoid (CMS)*, que es uno de los cuatro experimentos más importantes del *European Organization for Nuclear Re-*



*search* (CERN, por sus siglas en francés). El diseño de cada experimento busca identificar ciertas partículas para su estudio en la Física.

Una característica muy importante de los detectores es la resolución temporal. Se puede definir como el tiempo de respuesta que tiene un detector para diferenciar dos partículas que viajan separadas una cierta distancia y que atraviesan dicho detector. Por lo general, la resolución temporal es del orden de nanosegundos ( $1 \times 10^{-9}$  s) y/o picosegundos ( $1 \times 10^{-12}$  s).

### El detector mexicano MiniBeBe

Un grupo de físicos e ingenieros de la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y del Centro de Investigación de Estudios Avanzados del I.P.N. (CINVESTAV), diseñaron el detector *Mini Beam Beam Monitoring detector (MiniBeBe)*, que formará parte del experimento *Multi Purpose Detector*

(MPD), que a su vez es un experimento del acelerador *Nuclotron Ion Collider Facility* (NICA), actualmente en construcción en el *Joint Institute for Nuclear Research* (JINR), en Dubna, Rusia. MiniBeBe será un detector cilíndrico, **el primer detector y el más pequeño de los detectores** que conforman el MPD, cerca del punto de colisión (de ahí el nombre Mini). El detector MiniBeBe tendrá un radio de 25 cm y 2.2 m de longitud. Está compuesto de 16 tiras, cada una con 20 plásticos centelladores de la marca BC404.

Los plásticos centelladores solo cubrirán 60 cm de dicha tira. Esta sección es el área efectiva del detector, es decir, solo en esta sección podrá detectar partículas. Para tener una mejor adquisición de luz, se implementarán cuatro fotosensores (*SiPMs* de marca *Hamamatsu*) por plástico. De esta manera, **se tendrá una respuesta más rápida al paso de una partícula** a través de MiniBeBe. Debido a las dimensiones de cada centellador que lo componen y a los cuatro fotosensores, se espera que se tenga una resolución temporal entre 20-30 picosegundos. En toda la historia de los detectores no ha sido construido un detector de este tipo, lo que hace que MiniBeBe sea el primer detector con estas características en ser construido.

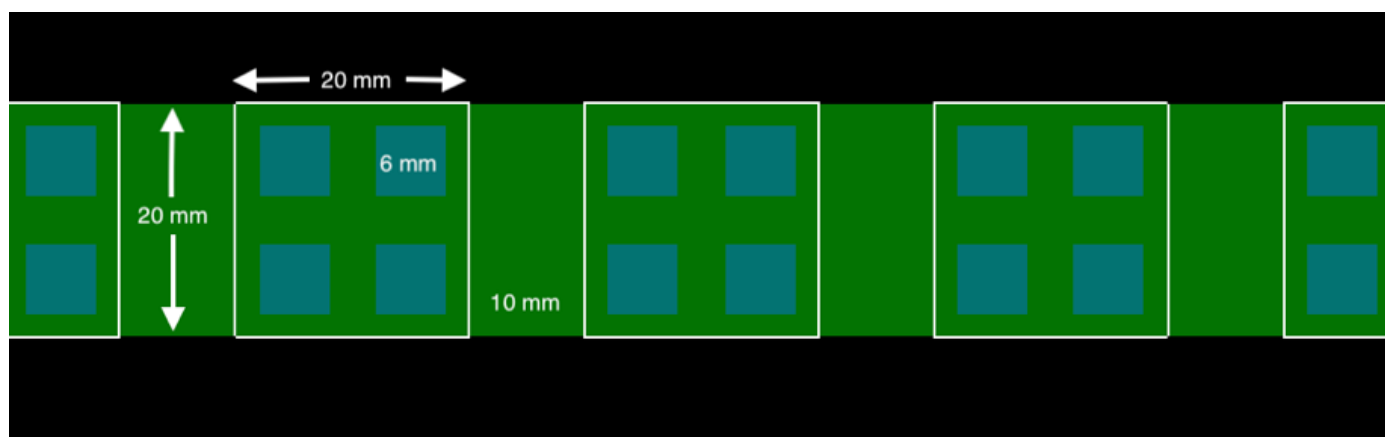
La función principal de MiniBeBe será dar la señal para que los demás detectores empiecen a detectar las partículas provenientes de la colisión. Posteriormente, se analizan los datos con las partículas de interés. Dicha señal estará en función de

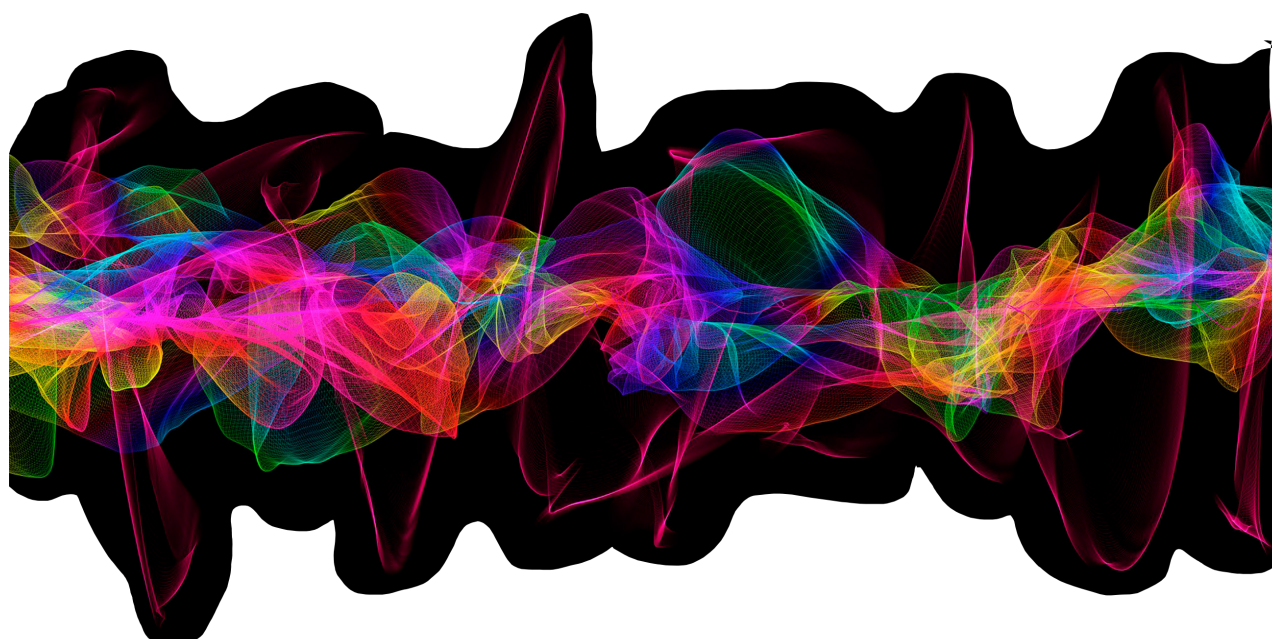
que una colisión cumpla ciertas condiciones, por ejemplo, que los dos haces que colisionarán estén alineados y que un alto número de partículas sean generadas. Es por ello que MiniBeBe debe tener una resolución temporal muy baja.

### Componentes de MiniBeBe

El detector MiniBebe tendrá otros componentes, además de los plásticos centelladores, que ayudarán a la obtención de la señal. Estos materiales fueron simulados con el software **Geant4 (versión 10.06)**, programa que permite observar la interacción de radiación con la materia mediante el método de **Monte Carlo**, sin necesidad de tener todos los materiales de manera física. Los componentes de MiniBeBe son:

1. **Plásticos centelladores.** Anteriormente se mencionó que esta es la parte de detección. El MiniBeBe mandará una señal cuando las partículas atraviesen esta zona. Estarán forrados para evitar que la luz salga y que luz externa entre a estos plásticos.
2. **SiPM.** La luz emitida por los plásticos centelladores es captada por los 4 SiPMs y el primero en captar luz será el que mande la señal. El material con mayor abundancia en un SiPM es vidrio, por lo cual este material se usó para su simulación.





**3. Tarjeta.** Los SiPMs están acoplados a una tarjeta electrónica que se encargará de producir una señal al paso de una partícula por los centelladores. El material simulado fue *bakelita*. Tiene canales de cobre por los cuales viaja la señal. Se tiene una tarjeta por cada plástico centellador.

**4. Conector.** Las tarjetas electrónicas estarán acopladas a la tira por medio de un conector; por cada tarjeta se tendrá un conector. Está compuesto principalmente de plástico PVC.

**5. Tira.** Esta tarjeta electrónica es la responsable de mandar la señal fuera de la zona de colisión, es por eso que su longitud es grande. Al interactuar las partículas provenientes de la colisión con los materiales de los detectores, pueden generar

otras partículas que no son provenientes de la colisión, entonces, se dice que se contamina la colisión. Para evitar esta situación no se usan cables, por lo cual la tira fue diseñada con PVC, la cual tiene unos canales de cobre muy delgados que es por donde viaja la señal.

**6. Tapa-cubrimiento.** Esta es la parte final del detector. Formará parte de su soporte y está simulado con *fibra de carbono*. Se tiene uno por tira.

En total, el MiniBeBe estará conformado por 320 plásticos centelladores BC404, 1 280 SiPMs SensL, 320 tarjetas y conectores, 16 tiras y tapas. El detector MiniBeBe, como ya se mencionó, ayudará a seleccionar colisiones que cumplan ciertas características para poder mandar la señal a los demás detectores para que tomen datos y de esta manera encontrar *el punto crítico de la materia*.



Acevedo-Kado, R., Alvarado-Hernández, M., Ayala, A., *et al.* (2020). The conceptual design of the miniBeBe detector proposed for NICA-MPD. <https://arxiv.org/pdf/2007.11790.pdf>

Ayala-Torres, M.A. y Montaña-Zetina, L.M. (2020). Cambios de fase, puntos críticos y física de frontera. *Saber Más*, 9(52). <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/453-numero-52/870-cambios-de-fase-puntos-criticos-y-fisica-de-frontera.html>

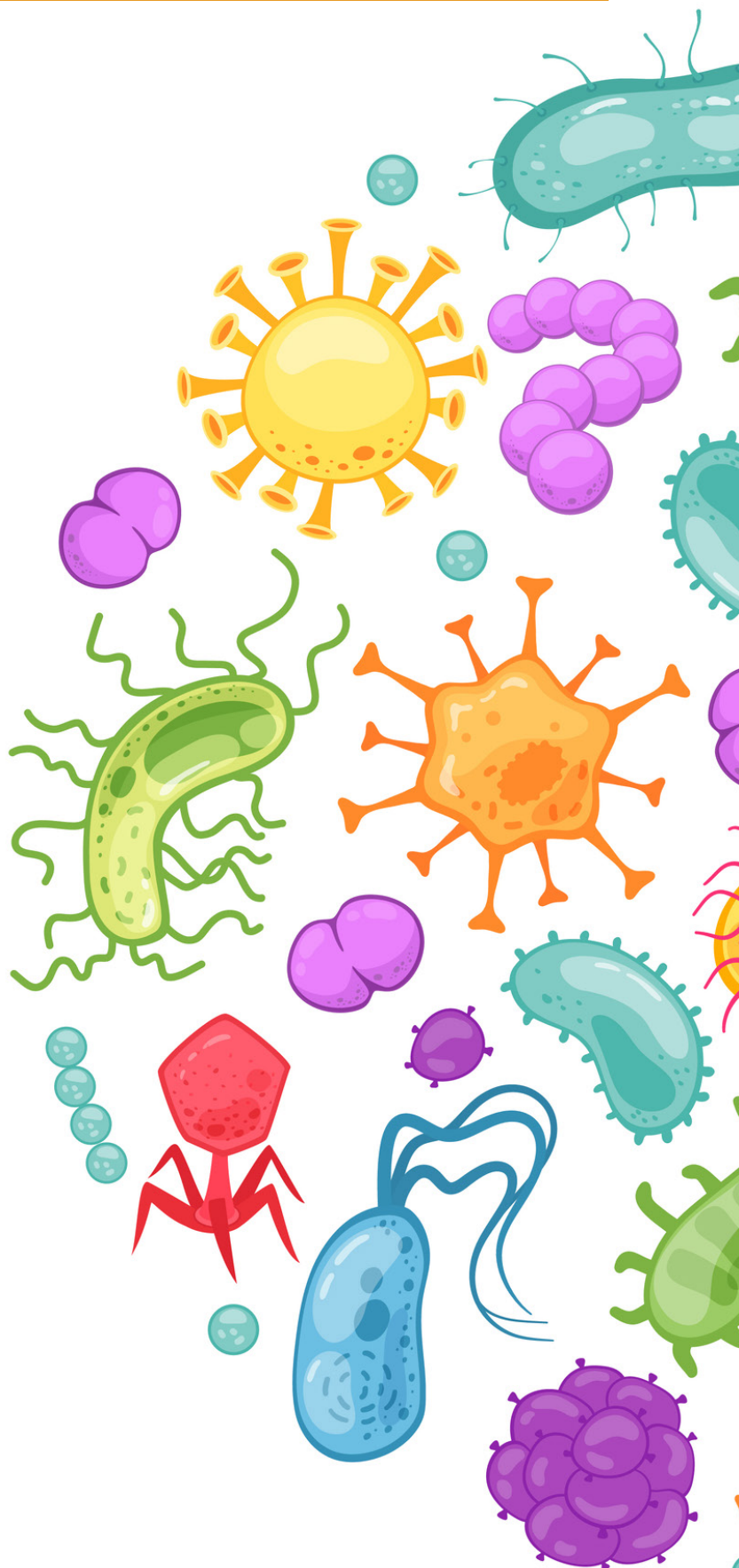
Patiño-González, D. (2017). De Puebla para el mundo: plástico centellador. *Cienciamx Noticias*. <http://www.cienciamx.com/index.php/tecnologia/materiales/16987-puebla-mundo-plastico-centellador>

Sánchez-Hernández, A., De la Cruz-Burelo, E. y López-Fernández, R. (2021). Aceleradores y detectores de partículas: tecnología y conocimiento al límite. *Conexión CINESTAV*. <https://conexion.cinvestav.mx/Publicaciones/aceleradores-y-detectores-de-particulas-tecnolog237a-y-conocimiento-al-l237mite>

# ARTÍCULO DE PORTADA

## Diagnóstico de enfermedades bacterianas: Evolución de técnicas

Elda Araceli Hernández Díaz y Gerardo Vázquez-Marrufo





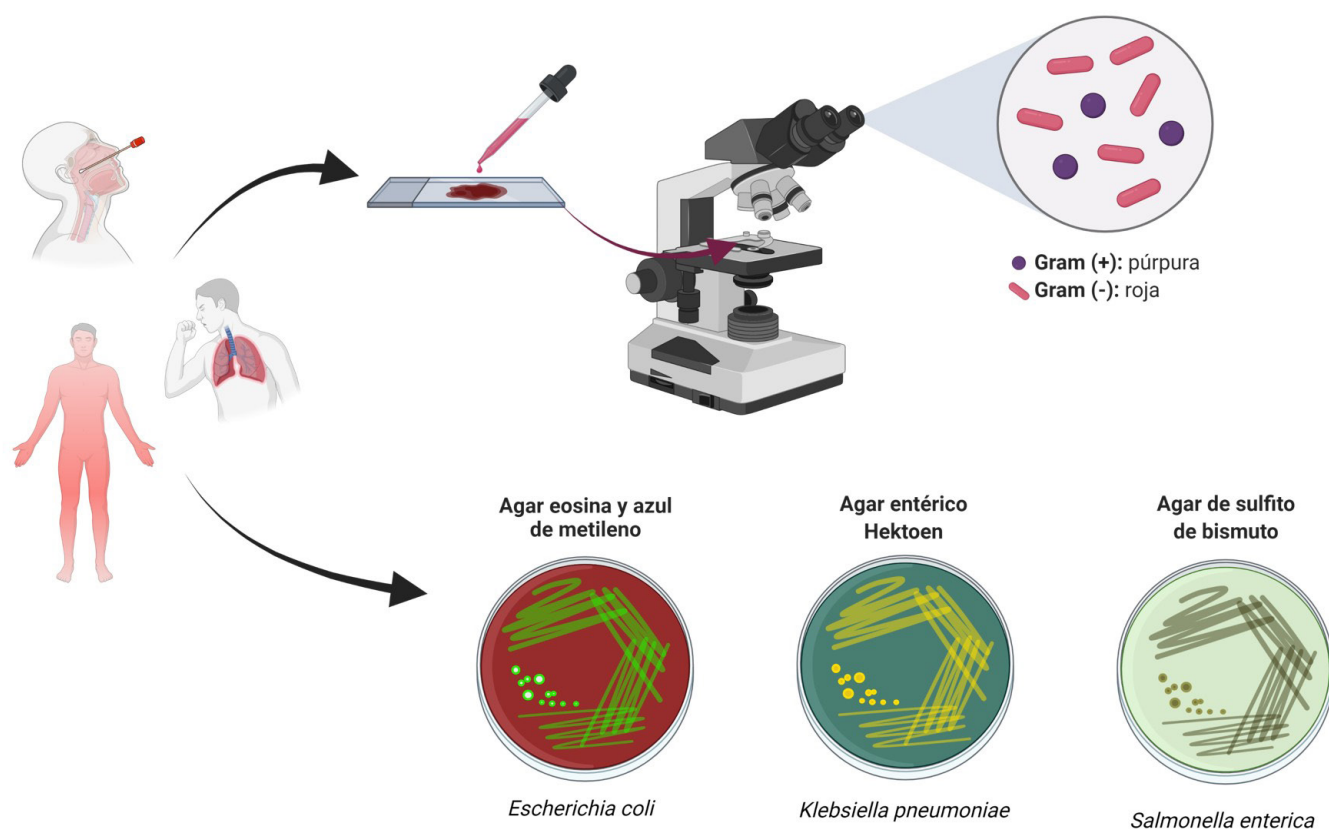
En estudios de salud pública y epidemiología relacionados con enfermedades causadas por los virus y las bacterias, es importante contar con **herramientas de laboratorio** que permitan la **identificación de la especie del agente patógeno** responsable de la enfermedad. La detección e identificación de la especie bacteriana causante de una enfermedad, junto con otro tipo de evidencia colectada por el personal de salud que atiende a un paciente, como los síntomas que este presenta, permite obtener un **diagnóstico correcto**.

El diagnóstico acertado de una enfermedad infecciosa permite iniciar el tratamiento adecuado del paciente y la toma de decisiones para prevenir la dispersión de la enfermedad entre la población. En este artículo te presentamos un panorama general de cómo han progresado las técnicas de laboratorio de microbiología utilizadas para detectar e identificar las bacterias patógenas del ser humano.

## El microscopio y el cultivo, las bases para la identificación bacteriana

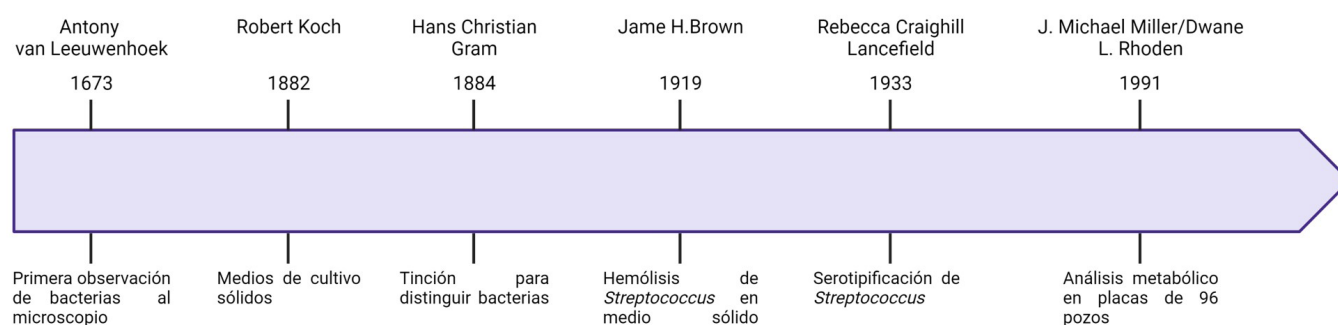
Un grupo de herramientas de laboratorio empleadas en la identificación de una especie bacteriana se basan en el estudio de las características fenotípicas, con el que se analizan aspectos microscópicos morfológicos del patógeno, o bien propiedades bioquímicas como la capacidad para crecer en medios de cultivo que contienen nutrientes particulares. La incorporación del **microscopio** para la observación directa de bacterias en muestras obtenidas del paciente proveniente de piel, sangre y cabello o de secreciones como saliva y orina, fue la **primera herramienta del laboratorio de microbiología** para la detección de bacterias patógenas.

La primera observación de una bacteria al microscopio la hizo el holandés Antony van Leeuwenhoek en 1673, que junto con la observación de hongos por el inglés Robert Hooke en 1665, marcan los inicios de la **microbiología como cien-**



Entre las primeras herramientas empleadas para la identificación de bacterias patógenas y el diagnóstico de enfermedades causadas por estas, se encuentran el análisis microscópico de muestras clínicas tomadas al paciente y la tinción con colorantes específicos, como el caso de la tinción de Gram, así como el cultivo bacteriano en medios selectivos. Imagen elaborada con Biorender.com.

## AUTOR Y AÑO EN QUE SE GENERÓ LA TÉCNICA



## DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TÉCNICA

Línea de tiempo del surgimiento de algunas de las herramientas de diagnóstico fenotípico relevantes. El tiempo no está en escala. Imagen elaborada con Biorender.com.

**cia moderna.** El microscopio permitió el reconocimiento de distintas especies microbianas con base en la forma de sus células y sus estructuras de movilidad y adhesión asociadas, como fimbrias y flagelos, iniciando así la clasificación bacteriana para distinguir entre especies.

La observación de las bacterias directamente en las muestras clínicas de humanos, **se optimizó empleando tratamientos químicos** que generaban distintos tipos de coloración, permitiendo así contrastar mejor a la bacteria en el tejido e identificar grupos de bacterias específicas. Entre los ensayos de tinción de bacterias para su observación al microscopio, destaca la denominada tinción de Gram, desarrollada por el bacteriólogo danés Hans Christian Gram en 1884, para observar bacterias en tejido pulmonar de pacientes que habían muerto a causa de neumonía.

Dicha tinción revela diferencias en la estructura de la pared celular de las bacterias. Este ensayo dividió a las **bacterias en dos grandes grupos**, las que respondían al tratamiento químico y se podían observar teñidas al microscopio con una coloración azul-violeta, denominadas Gram-positivas, y las que no respondían al tratamiento presentando una coloración roja, denominadas Gram-negativas. A la fecha, **esta clasificación se sigue empleando** como criterio inicial de diagnóstico en enfermedades infecciosas. A partir del uso del microscopio, la identificación de bacterias patógenas avanzó de la mano de la determinación

de especies para su clasificación biológica a nivel general.

Una herramienta de diagnóstico de laboratorio posterior al uso del microscopio fue el **aislamiento de la bacteria** procedente de los tejidos y fluidos del individuo enfermo, y su **crecimiento en medios de cultivo adecuados**. Aunque no existe un consenso, se atribuye al inglés Joseph Lister el primer cultivo puro de una bacteria entre 1877-1878, al realizar diluciones de leche para aislar a la bacteria responsable de la producción de ácido láctico y el cuajo de la leche. Microbiólogos como el francés Louis Pasteur ya habían elaborado medios de cultivo líquidos; pero es en el laboratorio del alemán Robert Koch en donde se prepara, entre 1881 y 1882, el medio de cultivo sólido para obtener cultivos puros de bacterias. El medio de cultivo se desarrolla gracias a Fanny Eilshemius, quien le sugirió a su esposo Walther Hesse, colaborador de Koch, la inclusión del agar en la formulación. En la actualidad **existe una gran variedad de medios de cultivo específicos**, que permite distinguir fácilmente a distintas bacterias patógenas mediante cambios de color y formas de crecimiento, entre otras características.

#### Pruebas bioquímicas y metabólicas en la identificación de bacterias infecciosas

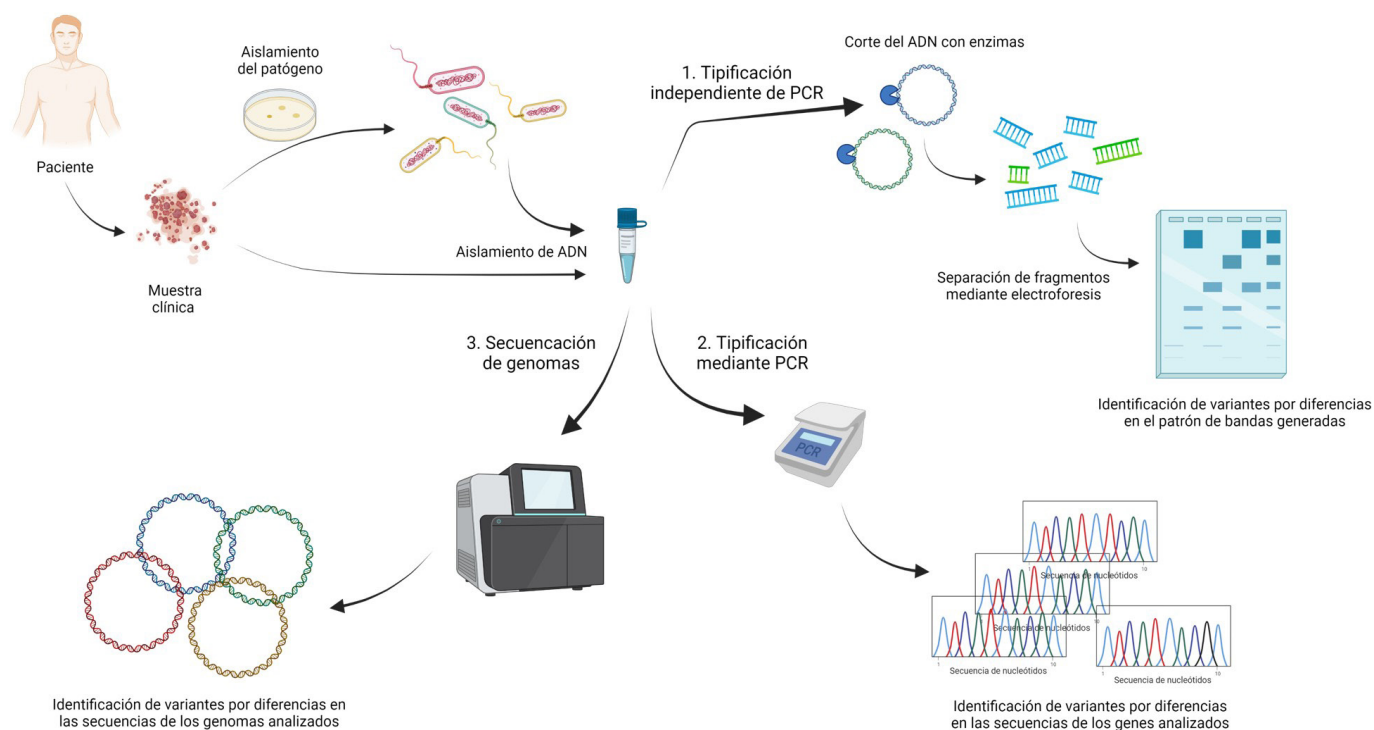
Una vez que se pudo realizar el cultivo puro de bacterias patógenas, se conocieron sus diferencias en la capacidad para producir sustancias

químicas y para emplear enzimas que les permitían utilizar o procesar distintos tipos de compuestos químicos adicionados al medio. Así se marcó un tercer paso relevante en el diagnóstico microbiológico, la **identificación de moléculas y enzimas**, característicos de cada especie bacteriana. Por ejemplo, se encontró que algunas **bacterias** eran **capaces de destruir glóbulos rojos** en un medio de cultivo al que se le había añadido sangre, creando un cambio de color en el medio. Al proceso de destrucción de los glóbulos rojos se le denominó **hemólisis** y la observación permitió diseñar un medio de cultivo para el diagnóstico de este tipo de bacterias.

Aunque no se tiene la certeza sobre quién diseñó el medio de cultivo con sangre, los estudios de James H. Brown sobre la capacidad hemolítica de bacterias del género *Streptococcus* realizados entre 1915 y 1919, figuran entre los primeros que usan esta herramienta de cultivo para clasificar bacterias patógenas. La **capacidad de metabolizar distintos azúcares** para la producción de alcohol, denominada **fermentación**, fue también incorporada como prueba diagnóstica dentro de este grupo de herramientas.

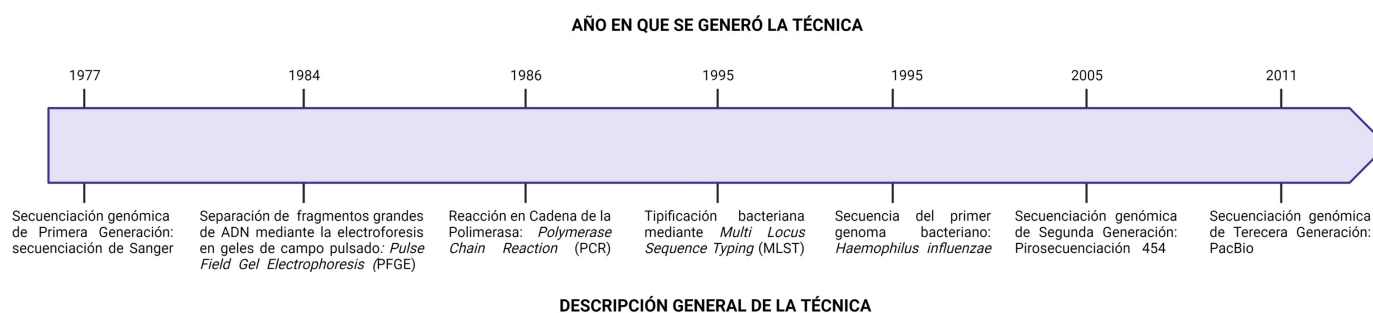
Una derivación técnica relativamente reciente, originada de la capacidad de cultivo bacteriano y de las diferencias en las capacidades bioquímicas y metabólicas de las distintas especies, fue la **sustitución del medio de cultivo sólido en placas de Petri por placas de plástico con 96 pozos**, que contienen cada uno distintas moléculas orgánicas como carbohidratos, aminoácidos y ácidos orgánicos, entre otros. La bacteria de interés aislada del paciente se inocula en cada uno de los pozos en medio líquido y se determina su capacidad para metabolizar y crecer en presencia de cada una de las moléculas de prueba en los pozos de la placa. Esta técnica, propuesta en 1991 por los estadounidenses J. Michael Miller y Dwane L. Rhoden para la identificación de bacterias patógenas, permitió la evaluación de múltiples condiciones de cultivo en un solo ensayo, así como la posterior lectura automática mediante un equipo de cómputo de los resultados.

En la segunda mitad del siglo pasado se incorporó la **espectrometría de masas** para la **identificación de biomoléculas** presentes en las células bacterias. En 1973, Henk L. C. Meuzelaar y Piet G. Kistemaker, observaron por primera vez patro-



Ejemplos de tres técnicas de tipificación genética molecular de bacterias patógenas. Algunas se basan en el ensayo de Reacción en cadena de la Polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) y otras no. La herramienta más actual en este grupo es la secuenciación de genomas completos. Imagen elaborada con Biorender.com.





Línea de tiempo del surgimiento de algunas de las herramientas de diagnóstico genético molecular relevantes. El tiempo no está en escala. Imagen elaborada con Biorender.com.

nes específicos de señales de moléculas orgánicas ionizadas producidas por el calentamiento de bacterias de los géneros *Neisseria* y *Leptospira*. Dos años más tarde, John P. Anhalt y Catherine Clarke Fenselau, propusieron la espectrometría de masas como herramienta para la **identificación bacteriana**. La espectrometría de masas experimentó un rápido desarrollo en décadas posteriores y, actualmente, es capaz de analizar moléculas como proteínas, ADN y lípidos, que son ionizadas mediante técnicas especiales aun en las células intactas, detectando patrones específicos inclusive entre cepas distintas de la misma especie bacteriana, lo que la hizo una herramienta eficaz en el diagnóstico microbiológico.

### El sistema inmune ayudó en la identificación de bacterias patógenas

Con los estudios del sistema inmune en seres humanos y distintos animales de laboratorio, como ratones y conejos, se conoció un tipo de proteínas muy particular denominadas **anticuerpos**, que se producen para **identificar agentes extraños dentro del cuerpo**, llamados genéricamente antígenos. Los anticuerpos reconocen y se unen a moléculas de la superficie de las bacterias, como azúcares, lípidos y proteínas, que permiten su identificación como agentes extraños al cuerpo y su posterior destrucción por el sistema inmune. Este conocimiento permitió el nacimiento de una nueva herramienta en el diagnóstico de enfermedades bacterianas, la **serotipificación**.

El trabajo pionero de la estadounidense Rebecca Craighill Lancefield, quien estudió las moléculas antigénicas del género *Streptococcus* entre 1920 y 1933, le permitió su división en distintos

serotipos o serogrupos, diferenciando los prevalentes y más virulentos en humanos, de los que se aislaban de animales. Se crea así un grupo de sueros con distintos anticuerpos que sirven para identificar diferentes componentes químicos de la superficie de un patógeno particular. En esta técnica **se utilizan anticuerpos** dirigidos contra distintas especies o variantes de una misma especie bacteriana, estrategia denominada de manera general como **subtipificación**.

La subtipificación bacteriana fue un evento relevante en epidemiología y salud pública en general, ya que permitió distinguir aquellas variantes que causan una enfermedad más grave de aquellas que presentan solo síntomas leves de la enfermedad, o que entran al cuerpo sin ser detectadas por la falta de síntomas detectables por los médicos. A la fecha, existen diversas variantes de identificación de bacterias patógenas basadas en la aplicación de anticuerpos, denominadas genéricamente **inmunoensayos**. Un ensayo común es el ELISA, derivado de sus siglas en inglés, *Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay* (ensayo por inmunoadsorción ligado a enzimas).

### El diagnóstico y la identificación genético-molecular

A partir de las últimas dos décadas del siglo pasado, se inició la detección e identificación bacteriana mediante el análisis de su material genético o ácido desoxirribonucleico (ADN), naciendo así las denominadas **técnicas de identificación y tipificación genético-molecular**. Desde entonces, a la fecha, se han diseñado y abandonado un gran número de este tipo de técnicas por diferentes grupos de investigación en el mundo, que por

razones de espacio sería imposible mencionarlas en este artículo, pero te describimos las principales.

Durante este periodo se han abordado distintas clasificaciones de las técnicas genético-moleculares de tipificación. Por ejemplo, podían dividirse en dos grupos, de acuerdo con las características generales de la metodología empleada, diferenciándose en aquellas basadas en «patrones de bandeo» del ADN y las basadas en secuencias de ADN. El término «patrones de bandeo» se refiere a que las diferencias entre las bacterias analizadas se establecen con base en fragmentos de ADN de distinto tamaño molecular que se pueden visualizar mediante métodos de rutina en un laboratorio de biología molecular. La técnica de patrones de bandeo que ha sido considerada un estándar de oro para la y subtipificación bacteriana, es la **Electroforesis en Geles de Campo Pulsado** (*Pulse Field Gel Electrophoresis*, PFGE), introducida por David C. Schwartz y Charles R. Cantor en 1984.

Otra clasificación de las técnicas de identificación genético molecular, distingue entre aquellas basadas en la **Reacción en Cadena de la Polimerasa** (*Polymerase Chain Reaction*, PCR) y las no basadas en esta herramienta. La técnica de PCR fue descrita por Kary Mullis y sus colegas en 1986. Quizá **en los últimos meses has oído hablar bastante de esta técnica** por su relevancia para el diagnóstico de COVID-19 para detectar al virus SARS-CoV-2, y debido a la gran cantidad de información que se ha generado al respecto (no abordaremos en detalle su fundamento y aplicación).

En el análisis de secuencias de ADN para la tipificación bacteriana, se utilizaron inicialmente uno o dos genes para identificar a la especie de interés. Posteriormente, un equipo de científicos coordinados por Martin C. J. Maiden incorporó en 1988 el análisis de la secuencia de siete genes, en una técnica a la que se designó por sus siglas en inglés como MLST (*Multi Locus Sequence Typing*). Por sus características, esta técnica permitió el análisis de poblaciones de bacterias de la misma especie, distinguiendo de una manera muy precisa aquellas bacterias relacionadas con brotes de infecciones en una población o grupo de individuos, con las bacterias de la misma especie que se

encontraban presentes en el área del brote, pero que no tenían relación con este.

Lo que en la actualidad se considera la herramienta más poderosa de identificación y tipificación para el diagnóstico surgida en los últimos años, ha sido sin duda alguna la obtención y el análisis de la **Secuencia de Nucleótidos del Genoma** completo de las bacterias (por sus siglas en inglés *Whole Genome Sequencing*, WGS). Esto ha sido posible debido al **desarrollo de técnicas de secuenciación masiva** que permiten la obtención de millones de datos sobre la secuencia de un genoma, tan solo en unas horas o pocos días, dependiendo de la técnica de secuenciación empleada y del tamaño del genoma analizado.

Debido a que las técnicas de secuenciación masiva generan fragmentos pequeños de ADN, se requiere de **herramientas de cómputo para «ensamblar» el genoma en el orden correcto**. Para que puedas darte una idea de este proceso, piensa en un rompecabezas de un gran número de piezas que quieras ensamblar para conocer la imagen completa. Las herramientas de cómputo para el ensamble y análisis de secuencias de genomas bacterianos completos, son toda un área de especialización denominada **Bioinformática**, que también se aplica para el análisis de otras moléculas biológicas complejas como proteínas, carbohidratos, lípidos y ácido ribonucleico (ARN), con algunas diferencias específicas para cada caso. Estas herramientas incluyen el diseño de programas informáticos o software especializado.

### **Herramientas de diagnóstico cada vez más simples**

Aunque en la actualidad el diagnóstico y análisis epidemiológico mediante la comparación de genomas completos es una labor compleja y altamente especializada, cada año las herramientas para desarrollar dicha tarea se han ido simplificando y realizando mediante sitios de internet que facilitan el análisis y la interpretación de los datos. Es de esperar que en un futuro muy cercano tanto la obtención de genomas bacterianos como su análisis, sean accesibles en costo para todo el interesado y sin la necesidad de tener un gran conocimiento para el manejo de programas de computadora especializados.

La secuenciación de genomas completos para el diagnóstico y la tipificación bacteriana ya es una **técnica rutinaria y establecida como requisito en varios países del primer mundo** y que en el corto tiempo se extenderá a la mayoría de los países. Sin duda alguna la pandemia por COVID-19 por la que todavía estamos atravesando, ha mostrado la relevancia de la secuenciación de genomas de cualquier patógeno como la herramienta que llegó para quedarse por un largo tiempo en el laboratorio de diagnóstico microbiológico.

Otro avance significativo en las últimas décadas es el **desarrollo de kits de diagnóstico por-**

**tátiles y de fácil manejo**, de manera similar a las pruebas de glucosa y de embarazo, que hacen uso de algunos de los fundamentos mencionados anteriormente. Es cada vez más común la presencia de este tipo de pruebas de diagnóstico que se pueden adquirir en las farmacias y realizar el ensayo en casa. Este desarrollo también se ha acelerado en los dos últimos años como consecuencia de la pandemia de COVID-19. Por motivos de espacio, ya no se detallan dichas aplicaciones, pero el lector encontrará mucha información al respecto navegando en la red.



**Elda Araceli Hernández Díaz.** candidata a Doctora, Doctorado en Ciencias Biológicas en la Opción de Biotecnología Molecular, del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de

la UMSNH. Realizó sus estudios de Licenciatura en la Facultad de Quimicofarmacobiología-UMSNH y los estudios de Maestría en Ciencias de la Salud de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez"-UMSNH. Su interés es en el análisis de virulencia y resistencia a antibióticos, tanto experimental como bioinformático, de bacterias patógenas de humano. **o617452B@umich.mx**

**Gerardo Vázquez-Marrufo.** Realizó la licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo (QFB) en Facultad de Química de la Universidad de Guanajuato y la Maestría en Ciencias en la misma institución. Obtuvo el Doctorado en Ciencias en la Unidad de Biotecnología e Ingeniería Genética de Plantas del CINVESTAV- IPN, Unidad Irapuato. Es Nivel III del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Ha publicado 46 artículos en revistas internacionales con índice de impacto. Le interesa la epidemiología molecular de bacterias patógenas de humano y el estudio de hongos silvestres con potencial biotecnológico.

**g v a z q u e z @  
umich.mx**



Balsalobre-Arenas, L. y Alarcón-Cavero, T. (2017). Diagnóstico rápido de las infecciones del tracto gastrointestinal por parásitos, virus y bacterias. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 35(6), 367-376. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0213005X17300228>

Hervé, B. (2015). Nuevas tecnologías en diagnóstico microbiológico: automatización y algunas aplicaciones en identificación microbiana y estudio de susceptibilidad. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 26(6), 753-763. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864015001510>

Serrano, M.R.G., Escartín, N.L., Arriaza, M.M. y Díaz, J.C.R. (2019). Diagnóstico microbiológico de la bacteriemia y la fungemia: hemocultivos y métodos moleculares. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 37(5), 335-340. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0213005X18300806>

Vila, J., Gómez, M.D., Salavert, M. y Bosch J. (2017). Métodos de diagnóstico rápido en microbiología clínica: necesidades clínicas. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 35(1), 41-46. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0213005X16303500>

# ARTÍCULO

## Insectos: Sus beneficios aún sin explorar

Jorge Álvarez Cervantes y Edna María Hernández Domínguez



<https://pixabay.com/es/photos/insecto-saltamontes-folleto-macro-3436377/>

**Jorge Álvarez Cervantes.** Cuerpo Académico Manejo de Sistemas Agrobiotecnológicos Sustentables, Universidad Politécnica de Pachuca. [jorge\\_ac85@upp.edu.mx](mailto:jorge_ac85@upp.edu.mx)

**Edna María Hernández Domínguez.** Cuerpo Académico Manejo de Sistemas Agrobiotecnológicos Sustentables, Universidad Politécnica de Pachuca. [ednahernandez@upp.edu.mx](mailto:ednahernandez@upp.edu.mx)

### ¿Sabías que...?

Los insectos son el **grupo de organismos dominantes** por el número de individuos, especies y biomasa **en el planeta**. ¿Te sorprendió este dato? Pues aún hay más acerca de estos pequeños animales de la clase de invertebrados y hoy te vamos a platicar un poco de ellos.

Estos los puedes encontrar en ecosistemas terrestres y dulceacuícolas, estimando que **existen entre cinco y diez millones de especies en el mundo**. Poseen una gran capacidad de adaptación

a múltiples cambios en el medio, explotan diferentes recursos por diversas vías y tienen una alta importancia en el equilibrio de la biósfera. Por su abundancia y gran diversidad, desde hace mucho tiempo **son utilizados como alimento en diversas partes del mundo.**

En la actualidad, cerca de dos mil millones de personas en el mundo los incluyen como parte de su dieta, por lo que su consumo ha llamado la atención de científicos para determinar su valor nutricional, encontrando que **un insecto aporta mayor contenido de proteína que la carne de res o de pollo** ¡¡SORPRENDENTE!! Además, tienen grasa, hierro, aminoácidos esenciales y otros nutrientes que son benéficos para nuestra salud. Increíble, ¿no lo crees? Por esto, en un futuro, comer insectos formará parte de nuestra dieta.

La industria alimentaria busca innovar con alimentos enriquecidos con harina de insectos, con el objetivo de ofrecer alternativas funcionales o crear alimentos como barras energéticas, incluso el ofertar una pizza con ingredientes especiales (insectos), algo extraño, pero que pueden ser una alternativa muy atractiva. Para lograrlo, se tiene el **gran reto de informar a los consumidores** sobre el beneficio de su consumo y de cómo estos se pueden integrar a su dieta ayudándoles de forma positiva en su salud.

### Hablemos de entomofagia

La entomofagia es la **ingesta de insectos, arácnidos y artrópodos como alimento** de huma-

nos y animales; se practica en países desarrollados como una alternativa culinaria exótica o moda peculiar, mientras que en los países subdesarrollados se consumen para sobrevivir debido a la escasez de alimentos y a la desnutrición.

El número de insectos comestibles a nivel global es de alrededor de 1 881 especies, de las cuales **en México existen 540 que se ofertan en el menú de restaurantes** y de cocinas gourmet. En el territorio nacional se estima que el 83% de especies pertenecen a insectos terrestres y el 17% a ecosistemas acuáticos continentales. Además, el 55.7% de ellas se consumen en estado inmaduro (huevos, larvas, pupas, ninfas) y el 44.3% en estado adulto; asimismo, hay especies que se consumen en todas su etapas de desarrollo.

México es el único país del mundo que consume unas 549 especies de insectos, mucho más que China (200 especies). El gusto por su consumo se ha compartido por generaciones en donde **se aprovechan especies nativas comestibles**, siendo los estados de México, Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Campeche, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo, donde se practica la entomofagia o consumo de insectos. Tan solo el estado de Hidalgo cuenta con una gran diversidad de insectos comestibles entre los que destacan los xamues, saltamontes, jumiles, chichatanas, cuetlas, escamoles o huevo de hormiga, gusano rojo y blanco de maguey.

Tanto es el gusto por el consumo en diferentes municipios de Hidalgo, que realizan la **muestra gastronómica de Santiago de Anaya, Hgo.**, con-



*Extracción de gusano blanco de maguey en galera. Fotografías: Jorge Álvarez Cervantes*

siderado el encuentro más grande y antiguo de todos los festivales gastronómicos del país, en donde se congrega a más de un millar de cocineras tradicionales, quienes expresan su cultura y patrimonio inmaterial en múltiples recetas que proceden de herencias ancestrales, siendo su principal materia prima los insectos.

Pero, ¿qué hay en el interior de los insectos?, ¿te lo has preguntado?, ¿serán seguros? Con los estudios microbiológicos que se han realizado en diversos insectos, se ha determinado que estos poseen una gran cantidad de microorganismos con grandes beneficios.

### Microbiología de los insectos

Estudios microbiológicos han demostrado que los insectos presentan una numerosa y variada microbiota intestinal, la cual juega un papel fundamental en numerosos procesos vitales del insecto como nutrición, fisiología, desarrollo, comunicación, entre otros. Los simbiontes bacterianos que habitan en los insectos presentan efectos significativos en la biología de su huésped, ya que participan en complejas interacciones que van del parasitismo hasta el mutualismo. En las relaciones mutualistas se llevan a cabo actividades nutricionales o de defensa, proporcionadas por los simbiontes a sus anfitriones. Los mutualismos nutricionales **proporcionan nutrientes como aminoácidos, vitaminas o enzimas digestivas** que ayudan a la degradación

de los complejos dietéticos o la detoxificación de metabolitos secundarios nocivos. En la mayoría de las familias del microbioma intestinal asociado a insectos, se encuentran Proteobacteria, Acidobacteria, Actinobacteria, Bacteroides y Firmicutes.

Algunas de las bacterias simbiotes son transmitidas verticalmente de una generación a otra a través de secreciones agregadas a la superficie de los huevos que luego son consumidos por las larvas al eclosionar. Su alta adaptabilidad metabólica les permite sobrevivir en asociación con los huevos, en donde pueden permanecer en estados inactivos hasta llegar al intestino de las larvas, ahí reactivan su metabolismo y comienzan su actividad simbiótica. Por otro lado, otras bacterias se transmiten de manera horizontal de un individuo a otro a través de su ingesta en la dieta. Lo anterior demuestra la adaptabilidad de las bacterias a diversos hábitats.

La complejidad y variedad de microorganismos que conforman la microbiota intestinal de los insectos, ha despertado el **interés para la investigación médica** y la aplicación en diversos campos como la producción agrícola y pecuaria.

### Pero, ¿qué nos falta conocer de los insectos?

Como vimos, los simbiontes asociados a los insectos no solo participan en procesos metabólicos, también tienen importancia en la producción de metabolitos con **potencial** en diferentes áreas como la **industria alimentaria, cosmética, farma-**



*Insectos comestibles en el estado de Hidalgo: a) gusano rojo, b) escamoles, c) gusano blanco de maguay.*

*Fotografías de Carmelita Ramos Tecolmalman.*



*Gusano rojo de maguey y formas de consumo: a) frito, b) en salsa, c) en pulque, d) asado.  
Fotografías de Jorge Álvarez Cervantes*

**céutica, agrícola y pecuaria.** La explotación de la microbiota intestinal de los insectos representa un área de interés para la obtención de enzimas y compuestos antimicrobianos. Además, tienen potencial

para solucionar problemas enfocados al control de plagas agrícolas y enfermedades transmitidas por vectores. Por lo tanto, será importante realizar más estudios al microbioma de insectos, los cuales pueden presentar beneficios a la humanidad.



Avendaño, C., Sánchez, M. y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1029-1037. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601029>

Cruz, P.D. y Peniche, C. (2018). La domesticación y crianza de insectos comestibles: una línea de investigación poco explorada y con gran potencial para el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en México. *Folia Entomológica Mexicana (nueva serie)*, 4 (2), 66-79.

<https://revistas.acaentmex.org/index.php/fofia/article/view/116/109>

Rodríguez-Carreón, A., Ortiz-Rivera, Y., Hernández-Peña, C.C. y Figueroa, C. (2021). Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable? *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1-10. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.311>

## ARTÍCULO

# Simbiosis insecto-bacteria ante el cambio climático

Manuel Ochoa-Sánchez



Imagen de Laura Kuhn en Pixabay

**Manuel Ochoa-Sánchez.** Estudiante de doctorado del Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.

[man\\_och13@outlook.com](mailto:man_och13@outlook.com)

### ¿Deberían los insectos confiar en sus bacterias simbióticas para enfrentar el cambio climático?

La vida en la tierra empezó con las bacterias, miles de millones de años atrás. Estos diminutos organismos han evolucionado desde entonces, por lo que lograron desarrollar estrategias para habitar cualquier sitio. Sobre este mundo dominado por microbios, aparecieron los animales, con una constante interacción con las bacterias. En consecuencia, se establecieron diferentes interacciones simbióticas entre bacterias y animales. La **simbiosis bacteria-animal** ha influi-



do en la **diversificación de los animales**, ya que le ha permitido aprovechar diferentes recursos.

Un grupo excepcionalmente diverso, cuyas especies interactúan activamente con las bacterias, son los insectos, los cuales son muy significativos en nuestra vida diaria. Algunos son importantes **plagas agrícolas**, otros **diseminan enfermedades** (como el dengue) y muchos más **son polinizadores**, ¡como las abejas! A continuación exploraremos la relevancia y características generales de las asociaciones simbióticas bacteria-insecto. Debido a que engloban múltiples características, se les ha denominado **síndromes simbióticos** y actualmente se reconocen tres tipos: abierto, cerrado y mixto.

### Síndromes simbióticos

En el síndrome **simbiótico abierto**, las bacterias ambientales y sus hospederos **interactúan directamente**. Debido a que hay constante interacción con las bacterias ambientales, el recambio de microbios es común, es decir, las bacterias que

llegan hoy podrían ser suplantadas por bacterias que llegarán mañana. Conforme llegan diferentes bacterias, también existe la posibilidad de que cambien las funciones que las bacterias simbióticas prestan al insecto. Las bacterias cuyas funciones tienen los mejores beneficios para el insecto, eventualmente son las que más se distribuyen entre estos.

En el síndrome **simbiótico cerrado**, la interacción bacteria-insecto se remonta a millones de años atrás. En este síndrome **la interacción es tan estrecha**, que el insecto incluso ha creado sitios especiales para tener cómodas a sus inquilinas microbianas. Los bacteriocitos son células especializadas que tienen algunos insectos, dedicadas al alojamiento de sus bacterias simbióticas (por ello se les conoce como endosimbiontes). **Estas bacterias no tienen contacto con el exterior**, ni interacción con otras bacterias, viven «secuestradas». Tienen poca variación genética, ya que la población de endosimbiontes son copias unos de otros, es decir, son clones. Estos clones son heredados



Abeja cubierta de polen. Las abejas y sus simbiotes representan un ejemplo de síndrome simbiótico abierto. <https://pixabay.com/es/photos/abeja-flor-macro-polinizar-polen-1726659/>



Áfido, insecto hospedero del endosimbionte *Buchnera aphidicola*. <https://pixabay.com/es/photos/pulg%3%b3n-%c3%a1fido-macro-4394057/>

verticalmente (de madre a hijo), por lo que la selección aleatoria de un pequeño grupo disminuye drásticamente su diversidad genética poblacional. A estos eventos en los que se pierde diversidad genética poblacional por una abrupta reducción poblacional, se les llama cuellos de botella. La naturaleza clonal y los cuellos de botella, aceleran la acumulación de mutaciones perjudiciales en el genoma de los endosimbiontes. Con el tiempo, su genoma se degrada y pierde genes. La degradación genómica, típica en los endosimbiontes, se conoce como **erosión genómica**.

Por último, en el síndrome **simbiótico mixto**, se **conjuntan características de los síndromes previos**, es decir, ocurre herencia vertical de bacterias y también se reclutan bacterias del ambiente o de otros organismos.

#### Consecuencias de los síndromes simbióticos

Los insectos partícipes en el síndrome simbiótico abierto, suelen contar con simbioses bacterianos muy variados. A medida que transcurren diferentes generaciones de insectos, la selección natural descarta las bacterias con las funciones

menos útiles para el hospedero. Entre las funciones simbióticas más valoradas por los insectos están la **suplementación de nutrientes** o la **asistencia en la digestión de compuestos complejos**, como la celulosa. No obstante, las funciones benéficas suelen estar compartidas entre diferentes bacterias, por lo que tener un *plus* es valioso.

Desde la perspectiva bacteriana, evadir la respuesta inmune del insecto y producir toxinas que eliminen la competencia son rasgos valiosos. En los sistemas abiertos, las innovaciones están impulsadas por el constante arribo de bacterias ambientales. Del mismo modo, alteraciones ecológicas como cambios de dieta o exposición a pesticidas, favorecen el reclutamiento de bacterias ambientales de valor adaptativo. La constante interacción entre residentes bacterianos y recién llegados, favorece la transferencia de material genético. El intercambio de genes representa una poderosa fuerza evolutiva entre las bacterias, dado que los simbioses antiguos heredan rasgos clave para el establecimiento de los recién llegados. No obstante, a veces esto puede contraponerse con los intereses del hospedero. **¡Rasgos problemáti-**

**cos como la resistencia a antibióticos, también pueden ser heredados!**

Los insectos que optaron por los síndromes simbióticos cerrados son un buen ejemplo de la frase «crónica de una muerte anunciada», debido a que sus endosimbiontes sufren cuellos de botella y erosión genómica constantes, por lo que su funcionalidad se pierde irremediamente. Algunos rasgos que permiten detectar la decadencia de los endosimbiontes son: pérdida de capacidad de reparación de su ADN (esto acelera la incidencia y acumulación de mutaciones) y proteínas menos estables (a causa de las mutaciones acumuladas en los respectivos genes).

Debido a que los servicios que prestan los endosimbiontes para el hospedero son esenciales, el hospedero debe encontrar una solución a su encrucijada. Algunos insectos han desarrollado opciones para preservar sus intereses. Por un lado, están los hospederos capaces de adquirir los genes valiosos de su endosimbionte. **¡Esto representa una transferencia de genes inter reinos, es decir, entre insectos y bacterias!** Otros son capaces de enrolarse en síndromes mixtos y sustituir los simbiotes decadentes por nuevos simbiotes ambientales. Esto representa una desgracia evolutiva singular para las bacterias «elegidas» para enrolarse en el hábito simbiótico, pues su linaje

está condenado a extinguirse. En estos casos aplica el siguiente adagio para endosimbionte y bacteria recién llegada: «Como tú alguna vez me vi, como yo alguna vez te verás».

Las estrategias mixtas son las más dinámicas, ya que involucran endosimbiontes residentes debilitados por la erosión genómica y bacterias ambientales con repertorios funcionales robustos. Usualmente los simbiotes se heredan directamente de la madre, pero también pueden intercambiarse simbiotes de diferentes hospederos. Estos simbiotes «saltarines» son muy interesantes porque tienen estrategias para establecerse con éxito en los nuevos hospederos. Una de estas es la **manipulación reproductiva**, la cual consiste en la **eliminación de los machos** de la progenie de sus hospederos. Esto garantiza que los simbiotes sean transmitidos por las hembras. Además de esto, los simbiotes «saltarines» suelen tener estrategias para pasar desapercibidos por el sistema inmune del hospedero. Otro rasgo valioso para la exitosa colonización del hospedero, reside en la **protección de sus hospederos ante patógenos o parásitos**. Por ejemplo, *Wolbachia* defiende ante virus, *Spiroplasma* ante nemátodos y *Hamiltonella* ante parasitoides.

Cabe mencionar que en estos sistemas también hay constante intercambio de información



Mosca blanca, insecto involucrado con el simbiote bacteriano facultativo *Hamiltonella*.  
Crédito de imagen <https://lumbyvalleytimes.ca/whitefly-and-other-garden-pests/>

genómica, entre simbioses residentes y recién llegados, lo que revigoriza el estado de los simbioses y ayuda en su porvenir evolutivo, es decir, atenúa los efectos de la erosión genómica. Estos simbioses «saltarines» son importantes en nuestra vida diaria, ya que están íntimamente ligados con insectos plaga de cultivos y vectores epidemiológicos.

### Perspectivas de la simbiosis insecto-bacteria ante el cambio climático

Hasta este punto no es sorprendente reconocer por qué los endosimbiontes son considerados el «talón de Aquiles» de algunos insectos. Por ejemplo, diferentes estudios con los endosimbiontes de áfidos y gorgojos del cereal, han evidenciado la tremenda vulnerabilidad de los endosimbiontes a temperaturas elevadas; sencillamente sus endosimbiontes son aniquilados en condiciones calurosas. Ante este escenario, reclutar simbioses facultativas podría representar un recurso evolutivo útil para que los insectos enfrenten el cambio climático. Un ejemplo peculiar lo encontramos con *Serratia symbiotica*, bacteria facultativa en áfidos, la cual en condiciones calurosas libera su contenido intracelular al medio (¡Se auto sacrifica!), con el fin de brindar estabilidad al debilitado endosimbionte residente. Una estrategia diferente, la en-

contramos en el simbiote facultativo *Hamiltonella* en la mosca blanca. En este caso, el simbiote altera el metabolismo del insecto para que este aumente la expresión de genes que le ayuden a resistir el estrés térmico.

Las bacterias **tienen un potencial evolutivo muy profundo** y bien podrían adaptarse con la rapidez que el cambio climático exige; las alianzas simbióticas facultativas podrían ofrecer un recurso adaptativo a los insectos que se enrolen en ellas. Ello dependerá de la capacidad del insecto para participar en síndromes simbióticos abiertos o mixtos, pues aquellos obligados a permanecer en alianzas cerradas, parecen estar condenados a perecer. Ante este escenario, **resulta imperativo documentar las alianzas existentes**, y las que podrían formarse, **porque los insectos impactan nuestra vida diaria de múltiples formas**. No vaya a ser que algún bichito nos dé la sorpresa de pasarnos una nueva infección pandémica o, por el contrario, que represente algún bien para nosotros, ¡como nuestros cultivos!



Criado, M.A. (2017). A bacterias y virus les sienta bien el cambio climático. *El País*. [https://elpais.com/elpais/2017/08/04/ciencia/1501835105\\_221638.html](https://elpais.com/elpais/2017/08/04/ciencia/1501835105_221638.html)

Iltis, C., Tougeron, K., Hance, T., Louâpre, P. y Foray, V. (2021). A perspective on insect-microbe holobionts facing thermal fluctuations in a climate-change context.

*Environmental microbiology*, 24(1), 18-29. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15826>

Moya-Simarro, A. (2020). Progreso, complejidad y evolución. *ENDOXA*, 46, 427-440. <https://doi.org/10.5944/endoxa.46.2020.28325>

# ARTÍCULO

## Los piojos harinosos, la excepción a la regla

Alfredo Castillo-Vera y Susana Maza-Villalobos



Colonia de *Ferrisia virgata*. Fotografía: Alfredo Castillo-Vera.

**Alfredo Castillo-Vera.** ECOSUR, Grupo de Ecología de Artrópodos y Manejo Integrado de Plagas.

[acastill@ecosur.mx](mailto:acastill@ecosur.mx)

**Susana Maza-Villalobos.** CONACYT-ECOSUR, Grupo de Agroecología, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente.

[smazavm@gmail.com](mailto:smazavm@gmail.com)

Cuando era niño, los únicos piojos que yo conocía eran aquellos insectos parásitos que se alimentan de la sangre del humano y que conocí en la escuela cuando mi profesora los detectaba en la cabeza de mis compañeros. Ahora, sé que existen otros insectos llamados piojos harinosos, que no tienen relación con los piojos del humano y que deben su nombre común a una capa blanca algodonosa/polvosa que cubre su cuerpo. **Los piojos harinosos son insectos parásitos de plantas**, es decir, se alimentan de la planta, provocándole daño e incluso la muerte a la planta hospedera. Los pio-

jos harinosos chupan la savia de las plantas insertando su aparato bucal, que tienen forma de pico, sobre hojas, tallos, frutos, e incluso raíces.

Los piojos harinosos **también son conocidos como cochinillas algodonosas**, nombre común que me cuesta un poco más asociarlo con ellos, quizá porque el nombre de «cochinillas» también se aplica para ciertas especies de artrópodos, que no son insectos y que viven bajo las piedras u otros lugares húmedos y que se alimentan de material rico en materia orgánica en descomposición.

### Insectos excepcionales

De manera general, la metamorfosis es un proceso biológico formado por etapas en donde ocurren cambios físicos que trae como resultado la formación de adultos. La mayoría de los insectos tienen una metamorfosis **formada por cuatro estados de desarrollo**: huevo, larva, pupa y adulto. Sin embargo, **las hembras de los piojos harinosos** tienen una metamorfosis compuesta **solo por tres etapas**: huevo, ninfa (larva con patas) y adulto. Solo los machos de los piojos harinosos poseen alas y estas son enteramente membranosas, aunque estos insectos pertenecen al orden Hemiptera (*hemi* = mitad, *pteron* = ala), grupo donde la mayoría de sus miembros tienen la mitad del ala dura y la parte apical membranosa.

Cuando son adultos, los machos y las hembras de los piojos harinosos son muy diferentes entre sí, es decir, **presentan dimorfismo sexual**. Mientras que los machos tienen un cuerpo duro, color café, dividido en tres segmentos (cabeza, tórax y abdomen), con tres pares de patas, largas antenas y un par de alas (como si fueran unas avispas muy pequeñas), las hembras adultas tienen un cuerpo blando, multisegmentado, aplanado, de forma ovalada, con textura algodonosa/polvosa de color blanco, tres pares de patas, antenas no visibles y sin alas. Por esta razón, un primer encuentro con una hembra de piojo harinoso puede que te haga dudar sobre si se trata o no de un insecto. Incluso, cuando los piojos harinosos están copulando, es posible confundir al macho con una avispa parásita atacando a la hembra de piojo harinoso.

### Caminan desde que nacen

Las hembras de los piojos harinosos forman una especie de nido blanco y algodonoso llamado ovisaco para proteger a su descendencia. Dependiendo de la especie, **las hembras depositan de 300 a 800 huevos** dentro de cada ovisaco. En algunas especies de piojos harinosos las ninfas eclosionan de los huevos, pero en otras especies las ninfas nacen directamente de la hembra. En ambos casos, las ninfas de los piojos harinosos nacen con tres



Fruto de rambután infestado con el piojo harinoso *Ferrisia virgata*. Fotografía: Alfredo Castillo-Vera.



<https://pixabay.com/es/photos/cochinilla-insectos-hoja-eater-5968967/>

pares de patas, lo que significa que estos insectos tienen patas a lo largo de toda su vida, a diferencia de otros cuyas larvas no tienen patas. Las ninfas se mueven con más facilidad que los adultos y se pueden desplazar por toda la planta en busca de las partes más blandas para alimentarse, e incluso pueden propagarse de una planta a otra que se encuentre en contacto, por eso son llamadas «caminantes».

Cuando las ninfas encuentran un sitio adecuado para alimentarse, permanecen ahí hasta alcanzar su estado adulto. **Las ninfas hembras conservan su forma al convertirse en adultas**, es decir, son neoténicas, ya que solo aumentan su tamaño.

### Poder femenino

La mayoría de los insectos necesitan de ambos sexos para reproducirse. Sin embargo, existen algunas especies de piojos harinosos como la cochinilla de las solanáceas (*Phenacoccus solani*), una plaga en Almería (España), cuyas hembras **no necesitan del macho para tener descendencia**. Este tipo de reproducción se llama **partenogénesis** y significa que las células sexuales femeninas (óvulos) dan origen a un nuevo organismo sin ser fecundadas. Incluso, en las colonias de las especies en donde el macho sí es necesario para reproducirse, la presencia de hembras y ninfas es predominante-

mente visible, pero no así la presencia de machos, ya que estos son muy pequeños, su misión es exclusivamente reproductiva, no se alimentan porque tienen su aparato bucal atrofiado y viven mucho menos tiempo que las hembras. Mientras **las hembras viven de 30 a 60 días, los machos solo viven un par de días**.

### Hormigas, sus aliadas y nodrizas

Las poblaciones de los piojos harinosos crecen rápidamente cuando logran colonizar a una planta, debido a su alta capacidad reproductiva y a su habilidad para alimentarse de diferentes especies de plantas. Si bien algunos piojos harinosos logran llegar por sí solos a la planta, muchas especies **forman alianzas con hormigas**, quienes les ayudan a transportarse más rápidamente a la planta y, además, **les proporcionan protección** contra avispas u otros insectos depredadores. A cambio de ese transporte y protección, **los piojos harinosos otorgan a las hormigas una melaza**, la cual es excretada por los piojos harinosos y es rica en azúcar. Las hormigas ingieren esas secreciones azucaradas las cuales regurgitan dentro del hormiguero para alimentar a las larvas y a los demás miembros de la colonia.



Adulto macho de *Ferrisia virgata*. Fotografía: Alfredo Castillo-Vera.

### Identificación e importancia

Los piojos harinosos pertenecen a la familia *Pseudococcidae*, y **se han descrito cerca dos mil especies de piojos harinosos** en todo el mundo, las cuales son difíciles de identificar a simple vista. Para identificar a las especies de piojos harinosos se requiere someter a las hembras a un meticuloso procesamiento de limpieza y aclaramiento de su cuerpo (usando soda cáustica y desengrasantes), lo que permite observar todas sus partes, las cuales permanecen ocultas por la secreción blanca, harinosa/polvorienta y grasosa que la cubre. Este proceso aclara la piel del insecto y lo hace transparente, a tal punto que es posible ver sus estructuras internas. La identificación de las especies es impor-

tante para conocer su preferencia a ciertas plantas hospederas, ya que una quinta parte de las especies conocidas **son polífagas**, es decir, se alimentan de una gran variedad de plantas.

Debido a que se alimentan de la savia, los piojos harinosos **provocan severos daños a especies de importancia comercial**, lo que representa pérdidas económicas. Por ejemplo, en 2014, el piojo harinoso de la vid (*Planococcus ficus*) en Baja California, México, provocó pérdidas en los viñedos del 40% hasta el 100%. Conocer y estudiar piojos harinosos ayuda a identificar a los posibles enemigos naturales de estas especies, así como a conocer otras interacciones bióticas que favorecen a sus poblaciones; información que es crucial para proponer programas de control biológico que permitan su manejo.



DGSV-CNRF. (2019). *Pseudococcus jackbeardsleyi* Gimpel & Miller, 1996 (Hemiptera: Pseudococcidae). Cochinilla de Jack Beardsley del plátano. México, SADER-SENASICA, Dirección General de Sanidad Vegetal-Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/472515/Ficha\\_t\\_cnica\\_Pseudococcus\\_jackbeardsleyi.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/472515/Ficha_t_cnica_Pseudococcus_jackbeardsleyi.pdf)

Palma-Jiménez, M., Blanco-Menese, M. y Guillén-Sánchez, C. (2019). Las cochinillas harinosas (Hemiptera:

*Pseudococcidae*) y su impacto en el cultivo de Musáceas. *Agronomía Mesoamericana*, 30(1), 281-298. Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas<sup>1</sup> (redalyc.org)

Salvador-Sola, F.J. (2016). Pseudococcidos. Cochinillas algodonosas. CAJAMAR, 19, 1-11. <https://www.cajamar.es/storage/documents/019-pseudococcidos-1469431238-34c5c.pdf>



# ARTÍCULO

## El poder de los frutos rojos

Judith Libertad Chávez González y Raúl Cárdenas Navarro



**Judith Libertad Chávez González.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[1243772g@umich.mx](mailto:1243772g@umich.mx)

**Raúl Cárdenas Navarro.** Profesor-Investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[rcardenasnavarro@gmail.com](mailto:rcardenasnavarro@gmail.com)

### ¿Qué son los frutos rojos?

Comercialmente se puede encontrar una gran variedad de alimentos de origen vegetal, como frutos exóticos tropicales o del bosque, que se destacan por sus diferentes formas y colores. Dentro de esta gama resaltan los frutos rojos, los cuales se caracterizan por ser pequeñas bayas aromáticas, de sabor agridulce que poseen brillantes colores rojos, azules y violetas; crecen en arbustos silvestres del bosque, aunque actualmente se cultivan diversas variedades tanto en invernadero como en campo. La mayo-

ría de estos frutos rojos pertenecen a la familia de las Rosáceas y las Ericáceas.

Entre los frutos rojos encontramos fresas, frambuesas, zarzamoras y arándanos rojos o azules, lo cuales tienen una composición química única; los principales nutrientes que proveen son carbohidratos, vitaminas, minerales, fibra soluble e insoluble y, en menor proporción, proteínas. Además, son una **importante fuente de vitamina C y E**, también son ricas en otros minerales como ácido fólico, magnesio y potasio. Comer este tipo de frutos es una buena opción para combatir el estreñimiento, ya que **contienen fibra dietética**.

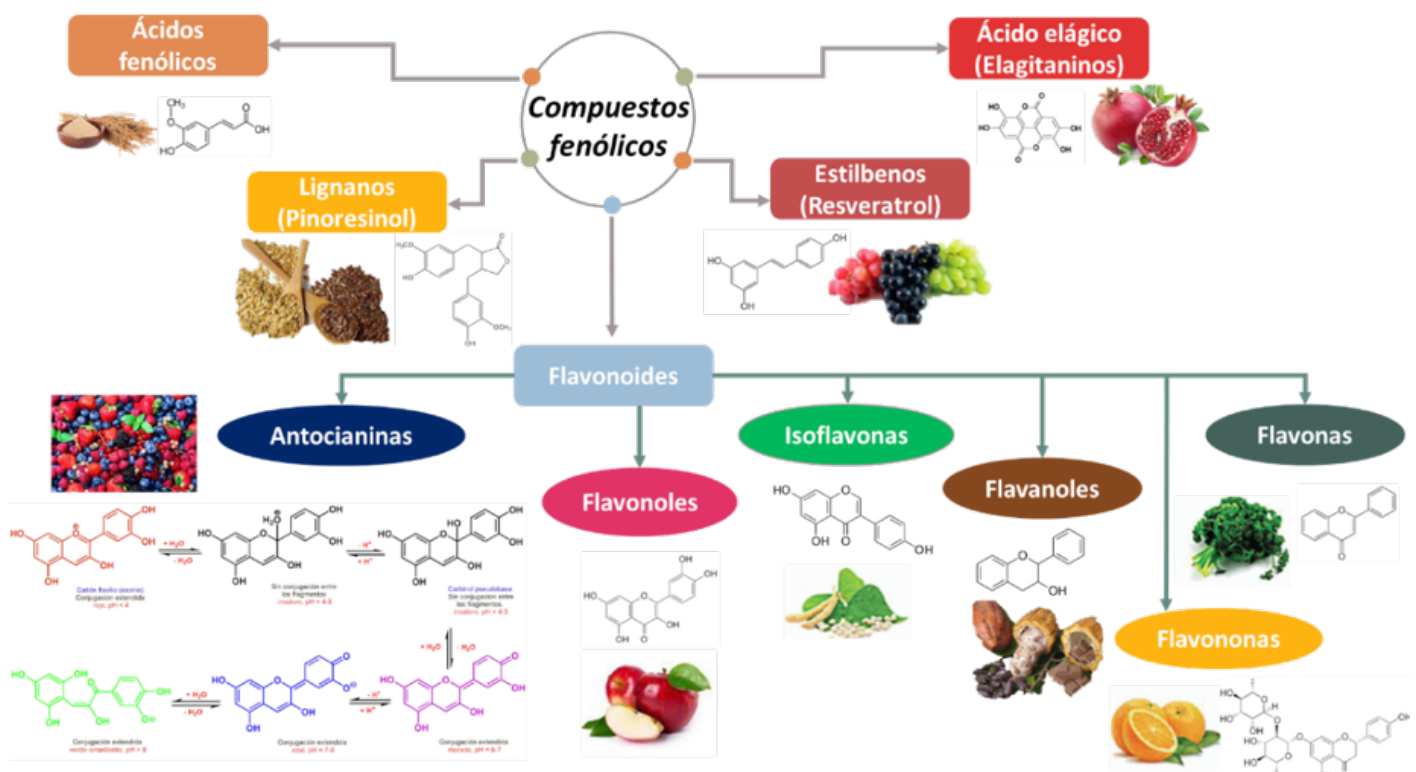
El color característico de los frutos rojos destaca por las tonalidades que presentan: cuando sus pigmentos son más intensos, nos indica una mayor presencia de antioxidantes que comprenden a los compuestos polifenólicos. Desde la perspectiva de los expertos en alimentos, estos compuestos no son considerados como micronutrientes, puesto que son sustancias químicas que se generan como resultado de un proceso metabólico secundario de las plantas. Sin embargo, se sabe que poseen propiedades bioactivas que les confieren facultades antimicrobianas, antioxi-

dantes, anticancerígenas, antiinflamatorias e inmunomoduladoras. De estas funciones, podemos destacar la actividad antioxidante, esto significa que **pueden atenuar o combatir el envejecimiento** (estrés oxidativo) de las células.

Derivado de esta composición, los frutos rojos **son considerados alimentos funcionales**, ya que además de nutrirnos, también realizan otras funciones gracias a los tipos, las concentraciones y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos. Incluirlos en nuestra dieta de forma regular tiene grandes beneficios para la salud, ya que ejercen efectos terapéuticos que influyen en la prevención de múltiples enfermedades como las cardiovasculares, neurológicas, diabetes, obesidad y cáncer, que cursan con estrés oxidativo e inflamación, además de mejorar el comportamiento cognitivo y la agudeza visual.

### ¿Qué son los compuestos polifenólicos?

Como se mencionó anteriormente, lo que caracteriza a estas bayas son sus colores que se dan gracias al conjunto de compuestos polifenólicos que contiene cada especie. Los compuestos fenólicos son producidos por las plantas y los



Adaptado de Shahidi y Ambigaipalan, 2015.



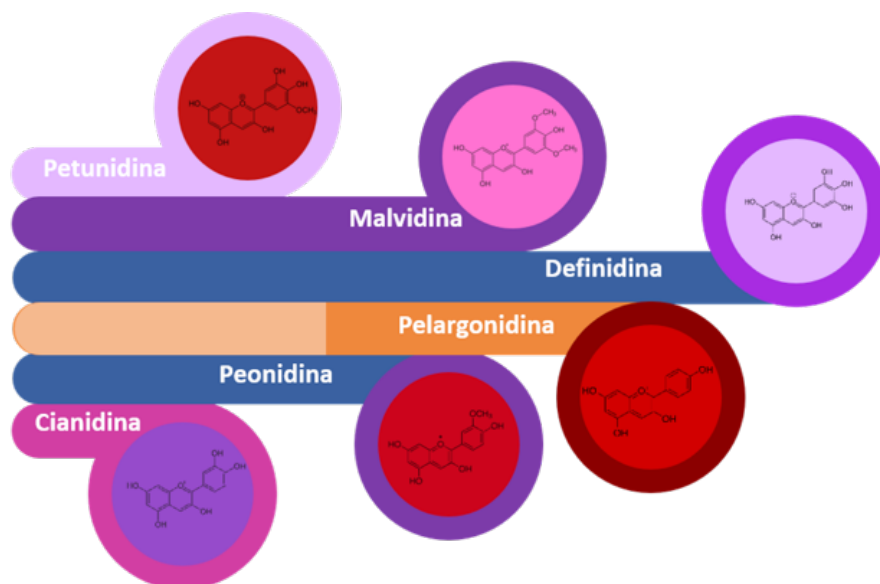
encontramos en frutas, verduras y flores. En la actualidad, el término engloba a **todas aquellas sustancias que poseen varias funciones del fenol** (nombre popular del hidroxibenceno), **unidas a estructuras aromáticas o alifáticas**. Los polifenoles son sintetizados de *novo* por las plantas y son regulados genéticamente, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, aunque también influyen los factores ambientales. Desde un punto de vista químico, los fenoles abarcan tanto compuestos de bajo peso molecular y estructuras simples (por ejemplo, ácidos fenólicos), como de alto peso molecular y compuestos poliméricos complejos (por ejemplo, taninos). Los compuestos fenólicos se clasifican generalmente en flavonoides y no flavonoides, dependiendo de su estructura química, como lo puedes ver en el siguiente esquema.

Los flavonoides están formados por una gran familia de compuestos: flavonoles, flavanonas, flavonas, isoflavonas y antocianinas, los cuales ofrecen una mayor relevancia funcional. Por su

parte, los no flavonoides incluyen taninos, estilbenos, ácidos fenólicos e hidroxicinamatos.

### ¿Cuáles polifenoles están presentes en los frutos rojos?

Las **antocianinas** son los grupos más grandes de flavonoides identificados en los frutos rojos, aunque hasta el día de hoy, se han reportado treinta y tres compuestos. Estos no se acumulan como tal dentro de la fruta, sino que se derivan de las antocianidinas por glicosilación; esto significa que están unidas a algún azúcar y desempeñan un papel importante en el desarrollo del color de los frutos. Varias investigaciones sugieren que las antocianinas tienen la capacidad de **prevenir enfermedades cardiovasculares y diferentes tipos de cáncer**. Además, son útiles para mejorar la circulación, proteger nuestro sistema inmunológico y combatir el colesterol. Dichos compuestos son moléculas inestables que se pueden descomponer debido a factores como temperatura, luz y pH. Son sumamente sensibles a degradarse, lo



 <p><b>Arándano Rojo</b></p> <p>Total antocianinas reportadas (en 100g de fruto)</p> <p>3.60 mg/100 g</p> <p>Perfil de antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Canidina</li> <li>Peonidina</li> <li>Quercetina</li> </ul>	 <p><b>Arándano Azul</b></p> <p>Total antocianinas reportadas (en 100g de fruto)</p> <p>9.8 mg/100 g</p> <p>Perfil de antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cianidina</li> <li>Malvidina</li> <li>Pelargonidina</li> <li>Delfidina</li> <li>Petunidina</li> </ul>	 <p><b>Zarzamora</b></p> <p>Total antocianinas reportadas (en 100g de fruto)</p> <p>80-170 mg/100 g</p> <p>Perfil de antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kaempferol</li> <li>Cianidina</li> <li>Quercetina</li> <li>Resveratrol</li> </ul>	 <p><b>Frambuesa</b></p> <p>Total antocianinas reportadas (en 100g de fruto)</p> <p>1.5 mg/100g</p> <p>Perfil de antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cianidina</li> <li>Procianidina</li> </ul>	 <p><b>Fresa</b></p> <p>Total antocianinas reportadas (en 100g de fruto)</p> <p>31 mg/100 g</p> <p>Perfil de antocianinas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pelargonidina</li> <li>Catequina</li> <li>Acido Elagico</li> <li>Peonidina</li> </ul>
--	--	---	--	---

Colores de las antocianinas de los frutos rojos (Elaboración propia)

que disminuye o anula su actividad antioxidante, por lo tanto, se recomienda consumir las frutas frescas, mantenerlas en refrigeración y alejadas del calor y la luz.

Cabe destacar que los beneficios que se le atribuyen a las antocianinas, son diferentes a los que se encuentran en alimentos procesados elaborados con frutos rojos, ya que los procesos de transformación de fruta a jugo, o a alguna otra base comestible como un puré o mermelada, pasan por cambios térmicos, acidificación o neutralización, lo que puede llegar a dañar a estas moléculas, dejando de ser aprovechables para el organismo.

La coloración que posee cada tipo de antocianina, depende de factores estructurales propios de las moléculas, por ejemplo, el número y orientación de los grupos hidroxilo (OH) y metoxilo (O-CH<sub>3</sub>). Es importante señalar que un aumento en la hidroxilación produce tonalidades azules,

mientras que un aumento en las metoxilaciones produce coloraciones rojas. El pH influye tanto en la estructura como en la estabilidad química de las antocianinas. A pH de 1 predomina el color rojo y es la forma más estable de las antocianinas; a pH entre 2 y 4 se encuentran las antocianinas de color azul; a pH entre 5 y 6 se observa al carbinol, que no presenta coloración, y a la chalcona, de color amarillo, ambas bastante inestables; a pH 7 o más se produce la degradación rápida de las antocianinas.

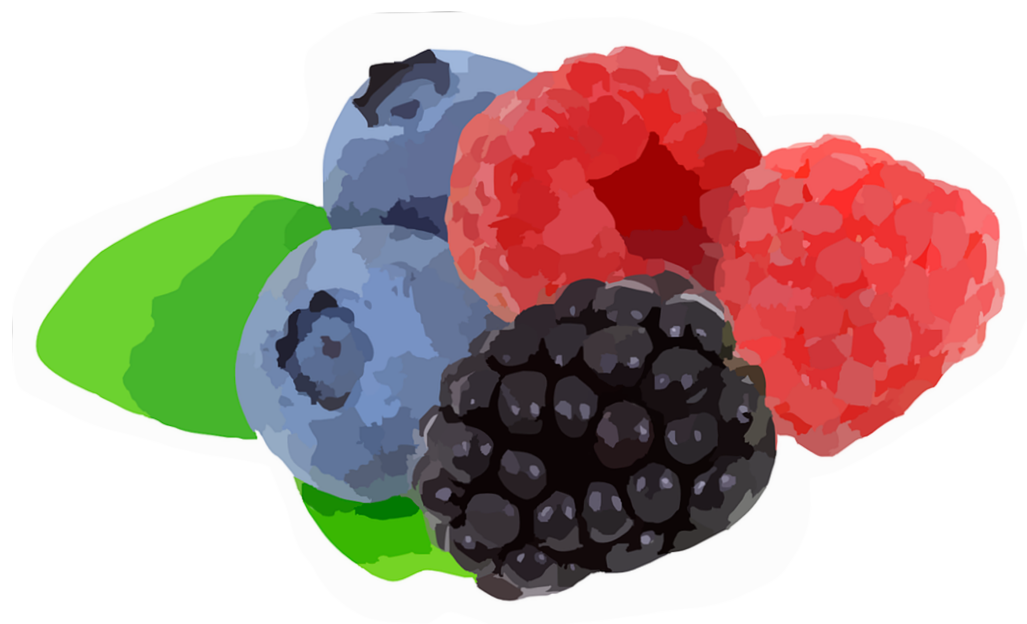
Gracias a los métodos de **análisis de espectrofotometría**, se ha podido determinar cuáles son las tonalidades de las antocianinas presentes en estos frutos rojos: la Petunidina tiene colores rojo y malva; la Malvidina con tonalidades rosa y violeta; la Delfnidina tiene tonalidades violeta, malva y azul; la Pelargonidina puede presentar diferentes tonalidades rojo, anaranjado y salmón; la Peonidina es de color rojo, purpura y azul; fi-

nalmente, la Cianidina presenta tonos violeta y magenta. De este modo, **la pigmentación de los frutos rojos varía según el tipo y la concentración de antocianinas.**

Las distintas frutillas han demostrado tener un **alto poder antioxidante** y un perfil nutricional único que favorece ciertas funciones en el organismo humano, disminuyendo los niveles de colesterol y mejorando la salud intestinal. También se tiene evidencia de que reduce los efectos negativos del estrés oxidativo, optimizando las fun-

ciones generales de las células y atenuando los procesos inflamatorios crónicos. Es importante señalar que aún no se ha establecido con precisión cuáles son los mecanismos de acción de los compuestos fenólicos en el organismo; asimismo, se desconoce en qué cantidades, o por cuánto tiempo, se deben consumir para obtener los beneficios mencionados.

Los frutos rojos, aunque pequeños, **son poderosos** en gran parte debido a las antocianinas y a que al integrarlos en nuestra dieta de forma continua, previenen daños a nuestra salud.



Espinoza, T., Bastías, J.M., Quevedo, R., Valencia, E., Díaz O., Solano, M.Á. y Mesa, F. (2021). La murta (*Ugni molinae*) y sus propiedades benéficas para la salud: Una revisión. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 121-131. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/3343/4047>

Pineda, J.E., López, A., Virgen, C.A., Martínez, A.G. y Valdés, E.H. (2021). Compuestos fenólicos y su efecto en las dislipidemias en seres humanos: Una revisión sistemática. *Revista Chilena de Nutrición*, 48(2), 276-285. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000200276>

Pap, N., Fidelis, M., Azevedo, L., Do Carmo, M.A.V., Wang, D., Mocan, A. y Granato, D. (2021). Berry polyphenols and human health: Evidence of antioxidant, anti-inflammatory, microbiota modulation, and cell-protecting effects. *Current Opinion in Food Science*, 42, 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.06.003>

Shahidi, F. y Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820-897. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1756464615003023?via%3Dihub>

## ARTÍCULO

# Retorno de conquistadores: Crónicas de extintos caballos mexicanos del Pleistoceno

Alejandro H. Marín-Leyva y Daniela Trujillo Hassan



**Alejandro H. Marín-Leyva.** Profesor-Investigador en el Laboratorio de Paleontología, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[alejandro.marin@umich.mx](mailto:alejandro.marin@umich.mx)

**Daniela Trujillo Hassan.** Antropóloga del Centro de Estudios Históricos del Ejército, Pontificia Universidad Javeriana.

[danielahassan1995@gmail.com](mailto:danielahassan1995@gmail.com)

Las crónicas alguna vez escritas por viajeros y exploradores desde el año 1492 hasta el año 1600, cuentan la sorprendente historia del encuentro de dos mundos que aparentemente nunca se habían cruzado. Los primeros rastros de dicho encuentro quedaron marcados en las huellas que los conquistadores y sus caballos dejaron sobre la arena de las playas del Nuevo Mundo. Sin embargo, más allá de ser los primeros pasos de estas dos criaturas sobre este territorio inexplorado, las impresiones de esas herraduras y zapatos no fueron más que los vestigios de una visita a viejos conocidos ya olvidados.

Los grupos indígenas de la región no eran los animales antropomorfos que los españoles pensaron, eran humanos de su misma especie que quizás alguna vez habían atravesado el mundo desde África hasta América a través de una porción congelada de mar llamada el estrecho de Bering. Fue por ese gélido cuerpo de agua por donde tiempo atrás **los primeros équidos, de origen americano, llegaron hasta el Viejo Mundo**, donde los incorporaron y domesticaron eficientemente para acompañar, transportar y cargar babilonios, guerreros semitas, militares o caballeros europeos y conquistadores españoles, y que **luego introdujeron domesticados en América**.

Tan importante fue la asociación entre los españoles y los equinos, que los escribas indígenas representaron los caminos recorridos por los extranjeros a través de huellas de pies y herraduras. En los textos que contienen la visión indígena sobre la conquista, es posible reconocer cómo **los caballos fueron percibidos por los aborígenes como enemigos y conquistadores**. En el Códice Florentino, el Lienzo de Tlaxcala y Quauhquechollan, los tlaxcaltecas y los mexicas relataron escenas como el ahogamiento de los caballos de los conquistadores en la Noche Triste o la ofrenda en el Tzompantli, en la cual se brindaron a los dioses mexicas las cabezas de tlaxcaltecas, tezcocanos, chalcas, xochimilcas, españoles y caballos, quienes eran reconocidos como enemigos.

Este tipo de archivos han fomentado la idea generalizada de que los primeros caballos en América fueron aquellos que llegaron durante las expediciones de Cristóbal Colón. Sin embargo, estudios paleontológicos sobre la forma y geometría de algunos huesos de extremidades encontrados en áreas como La Cinta-Portalitos, La Piedad-Santa Ana (localizadas entre Michoacán y Guanajuato) y Cedral (situada en San

Luis Potosí), han respaldado la **presencia de tres especies de caballos: *E. cedralensis*, *E. convsersiden* y *E. mexicanus*** entre los 240,000 y 11,000 años Antes del Presente, los cuales se diferenciaban entre sí por la forma de sus dientes, tamaño, proporción de sus extremidades y su masa corporal, y que reflejan parte de las relaciones que tuvieron con su entorno conforme a sus adaptaciones a los pequeños y diversos hábitats en que vivieron.

El *Equus cedralensis*, se caracterizó por ser pequeño con extremidades gráciles, huesos alargados y poca masa corporal, apropiado para ambientes abiertos o de montaña, condiciones secas y suelos compactados. Se alimentaba con una dieta abrasiva y plantas de tipo C<sub>4</sub> (conocidas como pastos y herbáceas), particularmente accesibles para un animal de su tamaño, ya que estas se obtienen de los forrajes que crecen cerca al suelo de las zonas abiertas.

Por su parte, el *Equus conversidens*, era de talla media, extremidades robustas y mediana masa corporal, apropiado para suelos compactos no montañosos o sueltos, pastizales o bosques abiertos y condiciones tanto secas como húmedas. A pesar de la variedad de ambientes y alimentos a los que podía acceder, se alimentaba casi de la misma manera que el *Equus cedralensis*, es decir, con una dieta abrasiva, pastos y herbáceas.

Finalmente, el *Equus mexicanus*, era de talla grande, extremidades robustas y gran masa corpo-



«Fusión de dos culturas» de Jorge González Camarena. Patrimonio de la nación o dominio público.

ral. Pudo haber vivido cerca de suelos compactados o sueltos, ambientes abiertos y cerrados, condiciones húmedas como pastizales y zonas de humedales o nevadas. Se alimentaba con una dieta abrasiva, pero a diferencia de las otras dos especies, consumió tanto pastos y herbáceas (de tipo C<sub>4</sub>) como árboles y arbustos (de tipo C<sub>3</sub>). Lo que tiene sentido, puesto que el tamaño de sus extremidades le podía permitir comer desde las plantas en pastizales hasta los árboles de los bosques.

Lo que resulta interesante tras conocer las características y adaptaciones físicas de estos caballos y de las áreas en que habitaron, es la posibilidad de comprender la forma en que se movieron y alimentaron en la región a lo largo de sus vidas, para lo cual se realizaron tres tipos de análisis. El primero de ellos, llamado **mesodesgaste**, se utilizó para observar las alteraciones del esmalte dental entre los dientes con el objetivo de conocer el tipo de alimentos que consumieron durante la mayor parte de su vida. El segundo, llamado **microdesgaste**, resultó útil para conocer las micro marcas de abrasión que dejan los alimentos al final de la vida. El tercero, llamado análisis **isotópico**, se enfocó en

un primer momento en la variación de los átomos de oxígeno y carbono que hacen parte del esmalte dental, a fin de conocer la dieta que tuvieron los caballos cuando se formaron los dientes, reflejando el tipo de alimentación de cada etapa de la vida del individuo hasta cumplir los tres o cuatro años de edad.

Estos estudios permitieron reconocer que estos animales pudieron haber tenido dos posibles **estilos de alimentación que dependían de las áreas en que vivieron** a lo largo de sus vidas. El primero, refería a **La Cinta-Portalitos**, un lugar con hábitats y ambientes diferentes como **bosques** en las áreas más altas, **pastizales** o sabanas en áreas bajas abiertas y **humedales** cerca de un lago, donde los caballos accedieron a sus recursos. Lo cual desembocó en una incorporación de dietas heterogéneas producto de las oscilaciones de las estaciones climáticas y el hábitat mixto. De este modo, las características físicas ya enunciadas de los tres caballos y la disponibilidad de los recursos, permitieron que el *E. mexicanus* consumiera tanto árboles y arbustos, como pastos y herbáceas y que *E. conversidens* y *E. cedralensis* consumieran plantas C<sub>4</sub> de pastizales o sabanas.



Autoría propia.



El segundo, se identificó en **La Piedad-Santa Ana**, la cual consistió en un **ambiente seco y un ecosistema estacional**, con escenarios más abiertos, una mayor diversidad y abundancia de pastos y vegetación leñosa, como arbustos y árboles, y mayor consumo de abrasivos no orgánicos como pueden ser arenilla y polvo, lo cual explica por qué las tres especies de caballos tuvieron una dieta de pasedores compuesta principalmente por plantas de tipo C<sub>4</sub>.

A pesar de que pudieran identificarse diferencias en las dietas de las tres especies, las cuales reflejan un comportamiento más variado por parte del *E. mexicanus*, seguido de *E. cedralensis* y *E. conversidens*, los estudios revelan que tenían un comportamiento alimenticio que podía variar dependiendo de aquello que estuviera disponible en el medio ambiente. Naturalmente, cabe preguntarse si la densidad o cantidad de cada especie de caballo en las tres áreas enunciadas, pudo depender de las tendencias o adaptaciones alimentarias expuestas inicialmente.

Teniendo en cuenta que **la dieta de estos animales dependía particularmente de los recursos disponibles en el hábitat o espacio**, se realizaron los análisis relacionados con su movilidad, los cuales indicaron que en La Cinta-Portalitos todos los caballos analizados bebieron agua con una compo-



sición isotópica similar y que los équidos vivieron en la misma zona geográfica del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano. Sin embargo, en La Piedad-Santa Ana, todos los caballos tenían valores diferentes, lo que podría sugerir que quizá no eran originarios de esa región.

Aunque con la evidencia recogida no es posible llegar a saber si las tres especies de caballos provenientes de estos dos sitios se cruzaron en algún momento, sí es posible pensar que en diferentes etapas de sus vidas caminaron los mismos senderos. Senderos que luego fueron recorridos por grupos humanos de los que se presume, causaron la extinción de estos équidos. Aspecto que parece paradójico

teniendo en cuenta que siglos después, un grupo de científicos mexicanos de la Universidad Michoacana San Nicolás Hidalgo, buscaron los medios necesarios para conocer las historias de aquellos seres extintos que finalmente quedaron atrapados bajo el sedimento del centro-oeste de México. Una labor que hoy por hoy permite reflexionar no solo sobre la biodiversidad originaria de esta región, sino también sobre el inesperado modo en que la domesticación de estos animales llevada a cabo en otros continentes, les permitió a los caballos retornar a su tierra original a través de la conquista, la colonización y la guerra.



De Sahagún, B. (1589). *Historia General de las Cosas de la Nueva España de Fray Bernardino de Sahagún: El Códice Florentino. Libro XII: La Conquista de México*. <https://www.wdl.org/es/item/10623/view/1/139/>

Marín-Leyva, A.H., Alberdi, M.T., García-Zepeda, M.L., Ponce-Saavedra, J., Schaaf, P., Arroyo-Cabrerales, J. y Bastir, M. (2019). Morfometría geométrica en elementos óseos postcraneales de los caballos del Pleistoceno tardío en México: implicaciones taxonómicas y ecomorfológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*,

36(2), 195-206. <http://rmcg.geociencias.unam.mx/index.php/rmcg/article/view/1044/1348>

Marín-Leyva, A.H., Schaaf, P., Solís-Pichardo, G., Hernández-Treviño, T., García-Zepeda, M.L., Ponce-Saavedra, J. y Alberdi, M.T. (2021). Tracking origin, home range, and mobility of Late Pleistocene fossil horses from west-central Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 105, 102926. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102926>

## ARTÍCULO

# La música y su efecto en las plantas

Cederik León de León Acuña



<https://pixabay.com/es/photos/auriculares-tranquilo-planta-verde-2595259/>

**Cederik León de León Acuña.** Dirección de Tecnologías de la Información y Comunicación, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

[cederik.de.leon@umich.mx](mailto:cederik.de.leon@umich.mx)

**E**n la cultura popular se ha arraigado la **creencia de que la música y los sonidos agradables propician un crecimiento y desarrollo mejorado de las plantas y vegetales.** ¿Cantarles a las plantas o ponerle música, hace que crezcan más rápido o de mejor manera? En este artículo te presento algunos resultados y contradicciones dentro de las afirmaciones relacionadas con la mejora de la calidad y de la velocidad de crecimiento en las plantas cuando se exponen a música de diferente tipo o sonidos intensos.

**¿La música ayuda al crecimiento de las plantas? ¿El rock las marchita? ¿Cantarles cosas tiernas hace que las flores sean más bonitas?**

Se ha pensado que los estímulos acústicos durante el proceso de germinación y/o crecimiento de las plantas juegan un papel importante en el mismo. Hay diversos artículos, unos científicos y otros no tanto, que hacen diferentes afirmaciones al respecto.

Pero vamos por partes, **¿de dónde viene este asunto?** Es posible que alguno de nosotros, en algún momento, hayamos escuchado a alguien hablar mientras está realizando labores de jardinería (regar, podar el césped, plantar arbolitos o cortar flores). Algunas personas afirman que cantarles a las plantas es uno de los mejores abonos. Otros aseguran que las plantas expuestas a los entornos violentos, en los cuales es común el uso de groserías, malas palabras o palabras hirientes, son propensas a marchitarse.

Entonces, ¿poner música hace que las flores y las plantas tengan un crecimiento mejorado?, ¿el rock, el metal pesado marchita a las plantas? Seguramente ya hay más de una persona que está afirmando que diariamente, al regar sus plantas, les canta dulcemente y estas han desarrollado unas flores increíbles, mientras que las del vecino están todas marchitas, porque diariamente se exponen a música estridente, grotesca y a un volumen alto.

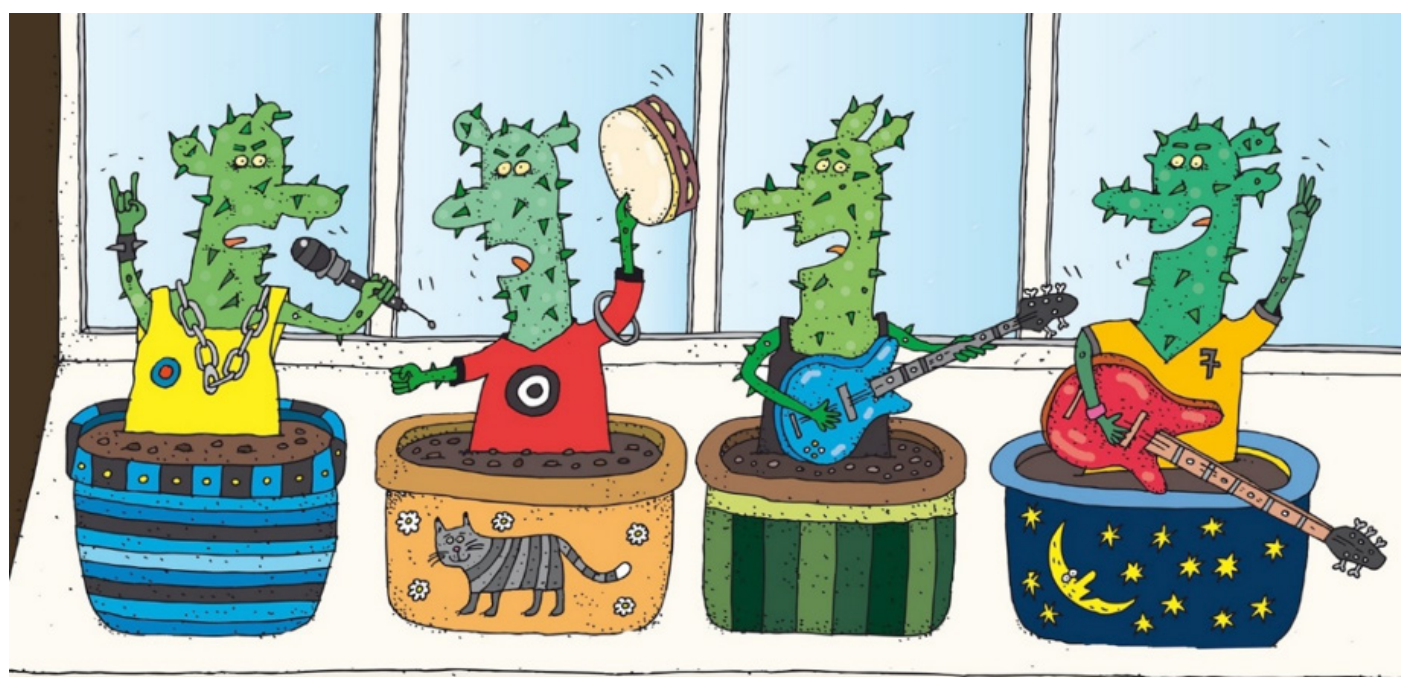
Por otro lado, está la afirmación de que las «malas palabras» por encima de las palabras «bondadosas», «llenas de amor», son las que terminan destruyendo la vitalidad de las plantitas. Otros afirman, categóricamente, que con las «Cuatro estaciones» de Antonio Vivaldi, sus cultivos se han visto más productivos en comparación con los cultivos donde no se exponen a música alguna. En la cultura popular **se han realizado algunos esfuerzo por tratar de verificar el efecto acústico en las plantas**, por ejemplo, en el episodio 15 de la segunda temporada de los Cazadores de Mitos (16 de noviembre de 2004, Discovery Channel®) exploran la manera de verificar o desmitificar esta popular creencia de que la música afecta el crecimiento de las plantas.

En el experimento colocaron cinco invernaderos con plantas, cada uno en condiciones diferentes: el primero se dejó sin ninguna interacción emocional, el segundo fue tratado y hablado con «amor», el tercero fue tratado con insultos y groserías, el cuarto escuchó a Mozart ininterrumpidamente y el quinto escuchó música de metal pesado. Según lo que ahí reportaron, los resultados fueron:

*El primer grupo, los que no tuvieron una interacción emocional fueron las plantas más débiles.*

*El segundo y tercer grupo, los que gozaron de un trato amoroso y los que fueron insultados y tratados mal, crecieron de igual manera.*

*En el cuarto grupo, los que escucharon a Mo-*



<https://pixabay.com/es/illustrations/cactus-banda-de-rock-antepecho>

zart crecieron fuertes y muy sanos.

Y el quinto grupo, para sorpresa de muchos, al escuchar música pesada crecieron más grandes y fuertes que cualquiera de los demás grupos.

Desafortunadamente, lo anterior no deja de ser más que una mera curiosidad; el diseño experimental y su metodología es, por decir lo menos, ingenua y apta para un estudiante de secundaria. Por supuesto, el tratamiento estadístico y el manejo de errores y de los factores que podrían afectar, de alguna manera el experimento, son los mínimos necesarios para el show de televisión, cuyo resultado y entretenimiento debe de caber en un segmento de algo así como 15 minutos. El esfuerzo es válido en el contexto de la exploración casual; solo eso.

Con tanta información, datos de la cultura popular, recetas aderezadas con cuentos, programas de televisión y vecinos o conocidos del primo

de un amigo de la tía que no conocemos, que dicen «la mera verdad si les pongo Mozart, las plantas crecen más rápido, verdad de Dios». Para ese momento ya no supe a donde hacerme, me puse a preguntar a amigos y conocidos, pero siempre llegaba al mismo lugar.

Finalmente, decidí acceder a bibliografía especializada y me puse a peinar lo que encontré en los artículos de revistas indexadas, excluyendo la información de fuentes poco fiables. Me quedé con ocho artículos como la muestra que aborda el tema del sonido y las plantas.

### Encontré cosas muy interesantes; comencé con un artículo de manera ingenua

«Medición de los efectos de la música, el ruido y la energía curativa mediante un bioensayo de germinación de semillas» de Creath y Schwartz (2004), tiene el objetivo de medir los efectos biológicos de

la música, el ruido y la energía curativa sin preferencias humanas o efectos placebo, utilizando la germinación de semillas como un biomarcador objetivo. En un principio no le puse mucha atención al término *Healing Energy* (energía curativa), el cual aparece de manera recurrente durante toda la redacción del documento. Inocentemente pensé que podría tratarse de un término en agrobiología o algo por el estilo. El punto es que, el artículo afirma que las semillas tratadas con música presentaron un efecto estadístico significativo sobre las semillas que no fueron tratadas con música. Desafortunadamente, el nivel de seriedad del artículo hace que los resultados presentados no puedan tomarse como científicos. La energía curativa no es algo que pueda medirse, validarse o ser susceptible de análisis dentro del campo de la ciencia (*Healing energy* fue popular hace unos 15 años con las famosas fotos de agua congelada mientras les gritaban palabrotas o palabras llenas de bondad, mostraban patrones cristalinos que podrían interpretarse a voluntad, este asunto ya fue tratado y clasificado como no cierto y con fines meramente comerciales).



<https://pixabay.com/es/photos/girasol-guitarra-florece-el-verano-5030474/>



Imagen de Frauke Riether en Pixabay

Por otro lado, en 2014 se publicó el artículo «Actualización sobre los efectos de las ondas sonoras en las plantas» de Chowdhury *et al.*, el cual aborda el tema del efecto del sonido en las plantas, pero de manera conservadora, incluye al sonido dentro de un montón de otros factores que pueden afectar su desarrollo como temperatura, humedad, contaminación, luz, viento, y en esta actualización utilizan frecuencias específicas de sonido con una intensidad específica. En este artículo se concluye lo siguiente:

*El crecimiento, el desarrollo y las características genéticas de las plantas están muy influenciados por diferentes factores ambientales. Sin embargo, los mecanismos por los cuales la estimulación de las ondas sonoras influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas siguen siendo oscuros.*

En 2010 se publicó un artículo titulado «Mejora de la germinación de semillas de cuatro especies de cultivos mediante una técnica ultrasónica», de la autoría de Goussous *et al.*, donde reportan los resultados de experimentos realizados utilizando sonido (ultrasonido, US, 40 kHz, sonido inaudible para los humanos) en las semillitas de cuatro especies de plantas. El trabajo (de 13 páginas) presenta una discusión interesante sobre el efecto estudiado.

*Los resultados de esta investigación indicaron que el tratamiento US mejoró efectivamente la velocidad de germinación de las semillas de*

*garbanzo, trigo y sandía (pero no de pimienta) en diversos grados. Este aumento en la velocidad de germinación podría tener un impacto positivo en el éxito del establecimiento temprano en el campo de estos cultivos, lo que conduciría a mayores rendimientos.*

Resultados similares son reportados en el artículo «Efectos del campo sonoro en el crecimiento de cultivos celulares (callos) de crisantemo» (Yiyao *et al.*, 2002):

*Según nuestros experimentos, encontramos que los efectos de crecimiento del campo de sonido en el crisantemo dependían en gran medida de la intensidad y frecuencia del campo de sonido. Nuestros experimentos también indican que la estimulación del campo sonoro tiene efectos duales, a saber, que pueden mejorar o inhibir el crecimiento de callos de crisantemo.*

En el experimento utilizaron intensidades de sonido de entre 90 y 110 decibeles (como comparación, un camión pesado moviéndose produce sonido con intensidad ~90 decibeles, el claxon de un auto produce sonido con intensidad ~110 decibeles). Un verdadero infierno de sonido.

### Otros más de los estudios que encontré ¿Ciencia o anécdotas?

Por otro lado, encontré un *montoncito* de estudios publicados *por ahí*, de manera casi anecdótica, pero que de alguna manera representaron un

gran trabajo para los autores. **Los resultados presentados en casi todos se contradicen entre ellos.**

Chivukula y Ramaswamy (2014) escribieron un artículo titulado «Efecto de Diferentes Tipos de Música en las Plantas *Rosa chinensis*»:

*Está claro que el sonido y la música tienen un impacto significativo en el crecimiento y germinación de *Rosa chinensis*. Si el impacto es estimulante o perjudicial depende del tipo de música. También se puede afirmar que los cantos védicos y la música clásica india son opciones ideales mientras que la música rock crea un caos evitando así que las plantas crezcan al máximo. Dado que la longitud del brote, la longitud del entrenudo, el número y el diámetro de las flores aumentan cuando se someten a este tipo de música, podría aplicarse en invernaderos y campos para mejorar el crecimiento de las plantas resultando en una mejor producción.*

Me puse a escuchar cantos védicos y música clásica india (que hasta hace poco no sabía qué era exactamente, pero el artículo es claro: «Música clásica india (música de violín de Raaga Sindhu Bhairavi), cantos védicos (Rig Veda), música clásica occidental (Canon de Pachelbel) y música rock (Hate Eternal "Bringer of Storms")»). El tratado de la información es ambiguo y se queda como una curiosidad que no se soporta por sí sola.

Otros estudios reportan resultados muy similares, sin embargo, estos son subjetivos. Si el estudio es Chino entonces la música «clásica» o tra-

dicional china es la que arroja de manera evidente (según los autores) mejor desarrollo y nuevamente, pareciera que satanizan el rock, pues resulta que es el que peores resultados arroja. No obstante, en el capítulo de los Cazadores de Mitos, el rock produce los mejores efectos sobre las plantas, si el estudio lo hace un equipo árabe entonces la música árabe es la que se llevará el crédito.

### ¿Entonces?

En resumen, se ha mostrado que el **sonido afecta el desarrollo de algunas plantas** (no todas), pero no es todo el sonido, **solo el que es de alta frecuencia** utilizado para tratamiento previo en las semillas para germinar. También se ha mostrado que **el sonido intenso en frecuencias** de 800 Hz a 1000 Hz (exposiciones medianamente prolongadas, podría causar daño permanente al oído), también afecta a las plantas en las etapas de germinación. **Fuera de eso, parece que las plantas resultan ser indiferentes** al silencio o al ruido, la música clásica, la espiritual, el rock pesado o cantos Góspel, que les hables bonito o feo pareciera que es un asunto meramente subjetivo, desde las perspectivas del cuidador.

De lo anterior, llego a la conclusión de que las personas que les hablan, cantan o ponen música a sus plantitas, le están dedicando tiempo y recursos de calidad a su cuidado, cuyo resultado se podría reflejar en plantas saludables, independientemente de la música o sonidos a su alrededor.



Chivukula, V. y Ramaswamy, S. (2014). Effect of different types of music on *Rosa chinensis* plants. *Inter. J. Environ. Sci. Develop.*, 5(5), 431-434. <http://www.ijesd.org/papers/522-CD0162.pdf>

Chowdhury, M.D., Lim, H. y Hanhong, B. (2014). Update on the Effects of Sound Wave on Plants. *Research in Plant Disease*, 20(1), 1-7. 10.5423/RPD.2014.20.1.001

Creath, K. y Schwartz, G.E. (2004). Measuring effects of music, noise, and healing energy using a seed germination bioassay. *J. Altern. Complement. Med.*, 10(1), 113-22. doi: 10.1089/107555304322849039. PMID: 15025885

Goussous, S.J., Samarah, N.H., Alqudah, A.M. y Othman, M.O. (2010). Enhancing seed germination of four crop species using an ultrasonic technique. *Experimental Agriculture*, 46(2), 231-242. <https://doi.org/10.1017/S0014479709991062>

Yiyao, L., Wang, B., Xuefeng, L., Chuanren, D. y Sakanishi, A. (2002). Effects of sound field on the growth of *Chrysanthemum* callus. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 24(3-4), 321-326. [https://doi.org/10.1016/S0927-7765\(01\)00275-2](https://doi.org/10.1016/S0927-7765(01)00275-2)

# TECNOLOGÍA

## ¿Qué son los biosensores?

David Herrera García y Ma. Guadalupe Garnica Romo



<https://pixabay.com/es/photos/diabetes-gotita-prueba-de-sangre-4948861/>

**David Herrera García.** Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Biológicas (PIDCB), Opción Biotecnología Alimentaria, Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[herrera.ibq@gmail.com](mailto:herrera.ibq@gmail.com)

**Ma. Guadalupe Garnica Romo.** Profesora-Investigadora de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[guadalupe.garnica@umich.mx](mailto:guadalupe.garnica@umich.mx)

### ¿Qué es un biosensor?

Alguna vez has escuchado el término biosensor? Es probable que no, pero es casi seguro que has visto uno en alguna farmacia o tienda de conveniencia, pues nos referimos a los **medidores de glucosa en sangre** que se han hecho más comunes y accesibles. Estos equipos de medición son biosensores específicos para medir los niveles de glucosa en sangre y son de gran utilidad para los enfermos diabéticos, quienes al saber sus valores de glucosa, pueden mantener un control adecuado

de la enfermedad. Existen diferentes tipos de biosensores, así que a continuación te explicamos cuáles son y cómo funcionan.

Un biosensor es un **instrumento que sirve para detectar y/o medir una sustancia o un parámetro**, y que tiene como característica especial que incorpora un agente biológico para actuar como agente de reconocimiento del analito, es decir, la sustancia que nos interesa detectar y/o medir, como en el caso de la glucosa. Todos los sensores y biosensores están formados por dos partes: un **detector** que va a ser el componente que interactúa con el analito o la variable a medir y un **transductor** que transforma la señal del detector a una señal analítica útil y fácil de entender, normalmente una señal eléctrica.

Hay biosensores que miden gases, vitaminas, proteínas y compuestos, entre otros, así como otros que detectan, por ejemplo, toxinas presentes en nuestro organismo y en los alimentos.

### Clasificación de los biosensores

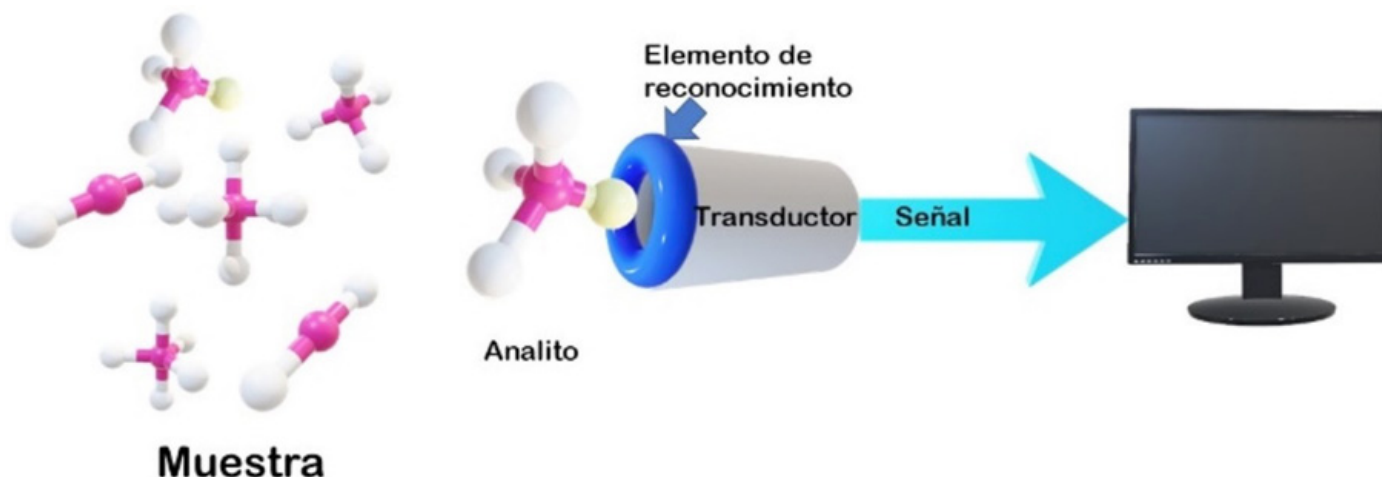
Los biosensores se clasifican según el tipo de transductor (piezoeléctrico, electroquímico, termoelectrónico u óptico), el método de detección (directa o indirecta), el agente de reconocimiento (célula, enzima, orgánulo) y el tipo de interacción (biocatalíticos o de bioafinidad). A continuación te explicamos cada uno.

**Transductor.** Se refiere al sistema de transducción utilizado, sin el cual no es posible obtener, amplificar, registrar, sistematizar, almacenar e interpretar las señales producto de la interacción entre el elemento de reconocimiento y el analito. Los transductores se clasifican en:

- **Ópticos.** Se basan en las variaciones que se producen en las propiedades de la radiación electromagnética (REM) como consecuencia de la interacción física o química entre el analito y el elemento biológico. Las bases físicas de este tipo de sensores son los cambios que ocurren en la absorción de REM, luminiscencia, dispersión de REM o índice de refracción, cuando la radiación incide sobre las superficies de reconocimiento. El sistema se compone de una fuente de radiación electromagnética, del agente biológico que contiene las moléculas receptoras y del detector.

- **Piezoeléctricos.** También conocidos como sistemas de transducción másicos, gravimétricos o acústicos; constituyen un material piezoeléctrico (cristales), caracterizados por entrar en resonancia ante la explosión de un campo electromagnético y soportar el elemento de reconocimiento (proteínas). Son versátiles y su uso en el sector alimenticio ha permitido hacer seguimiento de las propiedades reológicas, por ejemplo, de la textura mediante la detección de vibraciones por fractura de las muestras de interés. Su funcionamiento se basa en que la frecuencia de vibración de un cristal es disminuida por la adsorción de un material extraño en su superficie. El cristal está sensibilizado mediante una cubierta de material de unión o reaccionando con el analito.

- **Termométricos.** Su funcionamiento se basa en la detección del calor producido por las reacciones enzimáticas exotérmicas, que se puede relacionar con la concentración del analito. Estos cambios de temperatura se determinan mediante termisto-



Elementos que conforman un Biosensor.



## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS BIOSENSORES

### Sensibilidad

Alta, para los analitos de interés incluso en concentraciones de partes por billón ( $\mu\text{g/L}$ ).

### Selectividad

Alta, para que sólo interactúe con el analito de interés y no con otros, mediante elementos de reconocimiento específicos.

### Confiabilidad

Alta, los sistemas de transducción se diseñan para que no sean alterados o lo sean mínimamente, por la muestra.

### Tiempo de vida

Largo, para que no obligue al empleo del dispositivo por cortos períodos desde su fabricación, ni a sustituciones frecuentes del mismo. Lo que depende de su estabilidad física, química y mecánica.

### Bajo costo de producción, operación y mantenimiento

Que no haya un pretratamiento a la muestra, con uno directo de ésta sobre el equipo.

### Tiempo de análisis

Capaces de medir en tiempo real o muy corto, permitiendo una actuación rápida, controlando los parámetros importantes de manera inmediata y automática

res a la entrada y salida del dispositivo en el que se encuentran inmovilizadas las enzimas.

**Nanomecánicos.** El elemento biológico de reconocimiento se localiza inmovilizado en la superficie de una micropalanca de silicio que se sumerge en una muestra líquida. Normalmente, se utilizan anticuerpos como elemento de reconocimiento. La interacción entre el analito y el elemento de reconocimiento produce un cambio en la tensión superficial del líquido, mientras que la micropalanca sufre una respuesta de tipo nanomecánico que consiste en un cambio de la deflexión y/o de la frecuencia de resonancia, la magnitud de este cambio está relacionada con la concentración del analito.

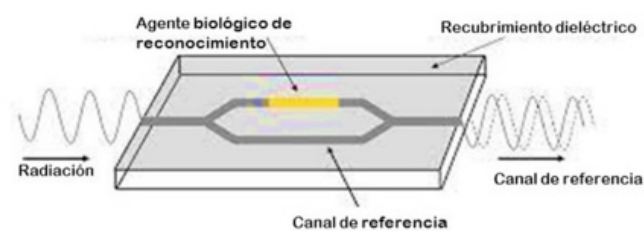
**Electroquímico.** Los transductores de este tipo, transforman la señal que se produce por la interacción del analito con el sistema de reconocimiento en una señal eléctrica. Se dividen en cuatro tipos: conductimétricos, potenciométricos, amperométricos e impedimétricos, los cuales detectan cambios en la conductividad, potencial, intensidad de corriente o en la impedancia, respectivamente.

### También se clasifican con base en la interacción biosensor-analito

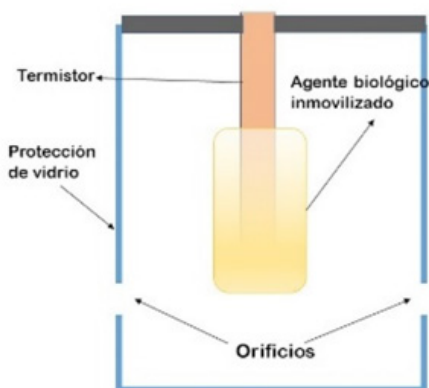
Respecto al tipo de agente de reconocimiento que un biosensor interacciona con el analito, los biosensores se clasifican de acuerdo a esta interacción, la cual puede ser con una célula, enzima, orgánulo, anticuerpo, tejido, ácido nucleico, polímero de impresión molecular (PIM), ácido nucleico peptídico (PNA) o aptámero. Los principales son denominados biocatalíticos, de bioafinidad, amperométricos, entre otros más.

Los **biocatalíticos** son sistemas que operan directamente en el lugar o sitio de medición, formados por tejidos, células, orgánulos, sistemas enzimáticos de origen vegetal o animal, capaces de detectar sustratos mediante el comportamiento estequiométrico de reactivos y productos, o mediante mecanismos de inhibición enzimática que intervengan en el proceso.

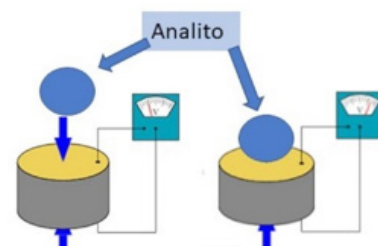
Los de **bioafinidad**, se caracterizan por formar complejos entre el analito de interés y el receptor, sin llevar a transformaciones químicas, pero generando excelentes mecanismos de respuesta, aunque con grandes exigencias analíticas para determinar su magnitud. Dichas interacciones ge-



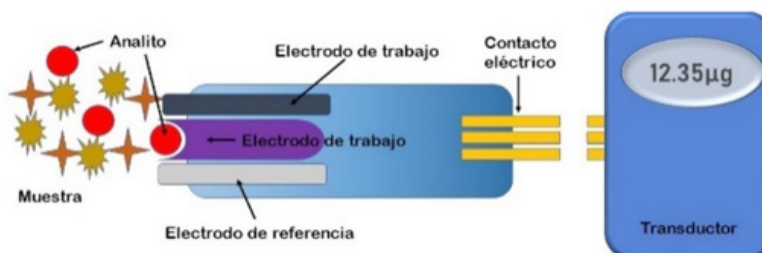
Biosensor óptico



Biosensor termométrico



Biosensor Piezoeléctrico



Biosensor electroquímico

neran respuestas que demandan sistemas de alta sensibilidad y precisión, cuantificándose a través del seguimiento cinético del proceso en presencia de inhibidores competitivos, marcaje isotópico, comportamiento óptico del proceso o variaciones gravimétricas.

Los **amperométricos**, como el de glucosa, es el más antiguo. En 1962, Lyons y Clark crearon el primero, que consistía en contener inmovilizada la enzima glucosa oxidasa en el interior de una membrana semipermeable de diálisis montada en un electrodo de oxígeno. Estos sensores miden una corriente al aplicar un potencial entre dos electrodos, que es proporcional a las variaciones producidas en el biorreceptor. Normalmente, podemos encontrar sensores con dos o tres electrodos, aunque los más usuales son los biosensores de tres, ya que

permiten controlar de forma muy precisa la tensión aplicada entre los electrodos de medida.

Los biosensores ofrecen diversas ventajas, ya que proporcionan resultados precisos, reproducibles, rápidos, de bajo costo y sin necesidad de preparar la muestra o un blanco estándar. En la actualidad, **existen miles de biosensores que monitorean diferentes sustancias y variables** (glucosa, embarazo, virus como el SARs-CoV-2, entre otros más), pero todos siguen la tendencia de ser cada vez más pequeños, económicos, sensibles y confiables. Como es el caso de los biosensores de glucosa, que ahora son desechables y tan pequeños como una laminilla de laboratorio, debido al desarrollo de nuevos materiales y a la nanotecnología que permite hacer electrodos con serigrafía de grafito o nanotubos de carbón.



López, G.M.A. y Ortíz de Apodaca, F.O. (2002). Inmunosensores: herramientas analíticas con un gran potencial de futuro. *Schironia*, 1, 51-59.

Rahman, M., Ahammad, A.J., Jin, J.H., Ahn, S.J. y Lee, J.J. (2010). A comprehensive review of glucose biosensors based on nanostructured metal-oxides. *Sensors*,

10(5), 4855-4886. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3292151/pdf/sensors-10-04855.pdf>

Castro-Ortíz, L.P., Luna-Pabello, V.M., Villalobos-Pietri, R. (2007). Estado del arte y perspectivas del uso de biosensores ambientales en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(1), 35-45. <https://www.redalyc.org/pdf/370/37023104.pdf>

# UNA PROBADA DE CIENCIA

*Imparables. Diario de cómo conquistamos la tierra*

Horacio Cano Camacho



**Horacio Cano Camacho**, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[horacio.cano@umich.mx](mailto:horacio.cano@umich.mx)

**S**i nos comparamos con otros animales, en particular con otros mamíferos, nos daremos cuenta de que somos, como individuos, muy débiles. No tenemos grandes dotes para la lucha, somos frágiles, nuestros colmillos parecen más vestigiales y las uñas, más que garras, son artilugios para rascarnos.

A menos que seamos campeones olímpicos, no somos muy rápidos, no más que los grandes felinos cazadores o los ciervos que podrían ser parte de nuestro alimento, nuestro olfato y vista son estándar entre los mamíferos y ni siquiera somos buenos rastreadores, a menos que se nos entrene durante largos periodos.

En realidad nuestra especie, *Homo sapiens*, no es única y tampoco la más exitosa. Contra lo que pensamos la mayoría, y que se encuentra en el sustrato de casi toda religión, nuestra especie es muy reciente, apenas unos miles de años, lo que nos convierte en una rayita en una línea evolutiva que ocupa alrededor de 4000 millones de años desde el origen de la vida en este planeta.

Los humanos, como somos ahora, apenas sumamos alrededor de 200 000 años, una línea apenas perceptible al final del trazo de cambios perennes que es la evolución. Los excesivos 8000 millones de seres humanos de todo el planeta, paldecemos ante la vastedad de millones y millones de seres microscópicos —y casi desconocidos— que habitan un campo, nuestro tracto digestivo, la piel, el tracto genital o un charco.

Somos apenas diversos, y ese término no es cualquier palabra: la diversidad es el secreto de la

evolución; su principal fuente de cambio y su garantía de sobrevivencia. Ahora sabemos que nuestra especie es la única sobreviviente de un grupo muy poco diverso de unas cuantas especies del género *Homo* sp. que no pasan de contarse con los dedos de las manos. Comparado con la diversidad de insectos o de orquídeas o de casi cualquier otro grupo, no somos nada.

Para acabarla de amolar, un perro, un león o cualquier otro mamífero, rápidamente se hacen independientes: a los dos o tres meses ya pueden valerse por sí mismos, incluso antes. Nosotros, por el contrario, tenemos una infancia muy prolongada... de años.

Entonces, ¿en dónde radica nuestra fuerza?, ¿cómo hemos formado el grupo dominante en el planeta, con capacidad para alterarlo, modificarlo a voluntad o imponernos sobre todas las demás especies, incluyendo a los más pequeños y contagiosos?

Hay varios elementos para el éxito de nuestra especie. Seis genes nos distinguen de otros homínidos: uno que incrementó la superficie cerebral, armando las circunvoluciones que caracterizan a los sesos; otro gen nos posibilitó el uso de una formidable herramienta portátil: sí, el pulgar



oponible de la mano; otro cambio se operó en el genoma que modificó ligeramente la cadera, empujando nuevas ligaduras de los músculos que requerían una nueva posición que, a base de fisioterapia primigenia, nos condujo a caminar erguidos; otro cambio condujo a expandir las cuerdas vocales incrementando la diversidad de sonidos emitidos y la combinación casi infinita de estos, al menos comparado con los sonidos emitidos por otras especies; otro cambio nos dotó de la posibilidad de degradar los azúcares de leches distintas a la nuestra —al fin somos mamíferos, no lo olvidemos— lo que nos dio una fuente inesperada de energía.

Finalmente, otra mutación le dio sentido a todas las anteriores: tenemos un cerebro más desarrollado que otras especies, capaz de realizar nuevas conexiones neuronales, antes imposibles. Ese nuevo cerebro «imaginó» herramientas que suplieran nuestras limitaciones físicas y se encontró con manos capaces de adquirir ese papel; liberar las manos tiene sentido si se independizan del andar, de tal manera que aquellos monos capaces de caminar erguidos por culpa de un muy doloroso defecto físico, pronto le encontraron ocupación, a la manera de Niccolò Paganini y su defecto dactilar que lo llevó a lograr posiciones increíbles sobre las cuerdas del violín, y que seguro le permi-

tió «olvidar» por un rato los terribles dolores de su condición genética.

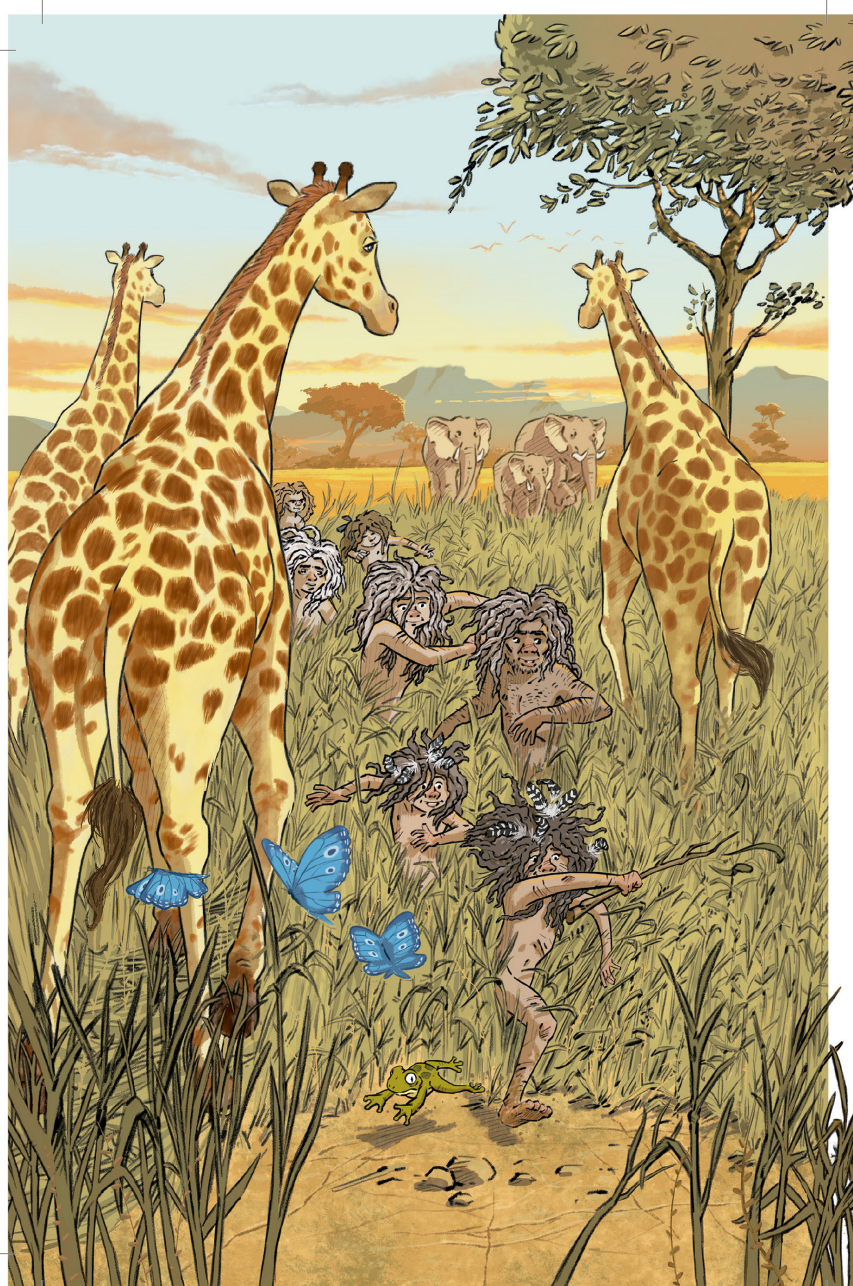
Pero todo esto no tiene sentido si no podemos comunicar nuestras nuevas y valiosas experiencias. La sofisticación del sonido generó un lenguaje preciso para comunicar lo aprendido, y como lo aprendido era cada vez más complejo, el lenguaje fue haciéndose más sofisticado para representar todo lo que íbamos inventando. Comunicar lo aprendido requiere nexos, más allá de los biológicos, de manera que un cerebro capaz de imaginar



y construir lo inexistente generó la cultura. Tal vez ser una especie social, con una gran capacidad para comunicarnos, aprender, enseñar, sea el verdadero superpoder de esta especie.

Precisamente, todo esto forma parte del nuevo libro de Yuval Noah Harari, autor del exitoso

*Sapiens, de animales a dioses*, ahora en un formato y con un diseño espectacular, pensado para los lectores más jóvenes. Desde la sabana de África hasta los casquetes polares de Groenlandia, los humanos dominamos el planeta Tierra, pero ¿Cómo lo hemos logrado? Los leones son más fuertes que nosotros, los delfines nadan mejor, ¡y no tenemos alas! A través de este apasionante viaje de millo-



nes de años, descubrirás cuál es este superpoder que nos hace imparables.

¿Quién dijo que la historia de la humanidad era aburrida? Enanos, serpientes gigantes, el Espíritu del Gran León, el dedo de una niña que vivió hace 50 000 años... *Imparables. Diario de cómo conquistamos la Tierra* (Penguin Random House, España, 2022), nos invita a un viaje de aventuras y

de descubrimientos. Nos propone acercarnos a los misterios del origen de la humanidad y adentrarnos en una aventura épica y real: la nuestra, la de todos los humanos.

Un excelente libro para todos, en particular para jóvenes y niños. Un buen regalo que nos invita a meditar acerca de la historia de una especie.

# LA CIENCIA EN POCAS PALABRAS

## Fertilización orgánica y sostenibilidad agroalimentaria

Luis López Pérez y Alfredo Reyes Tena



**Luis López Pérez.** Investigador en el Laboratorio de Nutrición Vegetal del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[lexquilax@yahoo.com.mx](mailto:lexquilax@yahoo.com.mx)

**Alfredo Reyes Tena.** Investigador Posdoctoral en el Laboratorio de Agroecología, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia.  
[eyesnator@hotmail.com](mailto:eyesnator@hotmail.com)

Las frutas y verduras que consumimos a diario tienen al campo como un origen común, y es ahí donde miles de productores trabajan día a día para producir alimentos vegetales frescos y de buena calidad. **México destaca a nivel mundial en la producción de diversas hortalizas**, entre las que destacan chile, jitomate, aguacate, cebolla, pepino y elote, con un valor anual superior a los treinta millones de dólares.

Sin embargo, en la actualidad, los productores enfrentan grandes retos al ver incrementado el costo de producción de sus cosechas por efecto de la alza en el precio de los insumos agrícolas, en especial los fertilizantes químicos.

### ¿Qué es la fertilización vegetal?

Una actividad indispensable para obtener una buena cosecha es la fertilización, ya que las plantas necesitan de la adquisición de nutrientes para un correcto desarrollo y posterior crecimiento y maduración de los frutos. Dentro de los principales nutrientes minerales que requieren los cultivos se encuentran el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), los cuales son requeridos por las plantas en una mayor cantidad. Por otro lado, tenemos los nutrientes que se necesitan en menores cantidades, como el zinc (Zn), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cobre (Cu), por mencionar algunos. Dentro del sistema convencional de producción de cultivos que heredamos de la «revolución verde», se encuentra la **dependencia a**

la **aplicación de fertilizantes solubles**, elaborados a partir de un proceso industrial, el cual es costoso y genera daños ambientales. Con frecuencia, el uso de estos fertilizantes por parte de los productores es indiscriminado, repercutiendo en un gasto excesivo, degradación del suelo y desequilibrio ecológico.

### ¿Qué tan costoso resulta producir hortalizas en México?

En México, el costo que tienen que pagar los productores para desarrollar sus huertos, **está en función del tipo de cultivo y el nivel de tecnificación**. A pesar de que todas las plantas necesitan de los mismos nutrientes para crecer, cada cultivo tiene diferentes necesidades. Así, tenemos que las hortalizas más productivas como el jitomate, el chile y el pepino requieren de una mayor cantidad de potasio y calcio para obtener altos rendimientos, tamaño y calidad de fruta para que sean competitivos en el mercado.



La producción de hortalizas como el chile, ha incrementado su costo de producción por efecto de la alza de precio de los fertilizantes. Fotografía: Alfredo Reyes Tena.





La inversión para producir estas hortalizas también depende del sistema de producción, por ejemplo, a cielo abierto los costos son generalmente inferiores, pero existe el riesgo de que un evento meteorológico (granizadas, inundaciones, exceso de radiación solar, etc.) provoque la pérdida de la cosecha. Por su parte, en la agricultura protegida, donde se utilizan cubiertas plásticas como invernaderos, macro-túnel y malla-sombra para proporcionar protección a los cultivos, además de un manejo más eficiente de las plagas y enfermedades, el costo de inversión se incrementa considerablemente, así como el grado de conocimiento y habilidades por parte del agricultor.

Dependiendo del rendimiento productivo de la cosecha, producir un kilo de jitomate en un sistema a cielo abierto les cuesta a los productores alrededor de \$5.00 pesos mexicanos (MXN), mientras que en macrotúnel, el costo se eleva hasta los \$8.00 MXN, pero el rendimiento es significativamente superior. Para el cultivo de chile, producir una hectárea (ha), varía entre \$180,000.00 y \$250,000.00 MXN, dependiendo de la variedad a cultivar.

En México, el precio de las hortalizas está en función de la oferta y de la demanda, por ejemplo,

el pago que reciben los productores por un kilo de jitomate oscila entre \$0.70 y \$20.00 MXN; sin embargo, por lo general, este se mantiene alrededor de los \$8.00 MXN. De tal manera que en muchas ocasiones, **los productores apenas recuperan el costo de inversión de sus cosechas.** Debido a ello, en nuestro país existe la necesidad de regular el precio en campo de los productos hortícolas en beneficio de los productores, o bien, buscar alternativas de producción que permitan disminuir los costos.

### ¿Cómo ha impactado la crisis energética mundial el costo de producción de hortalizas?

Los fertilizantes químicos requieren para su producción importantes cantidades de gas natural. El encarecimiento y la escasez de este recurso, han provocado una crisis energética mundial desde el año 2021, la cual ha impactado directamente en la fabricación y suministro de los fertilizantes, ocasionando que su precio se incremente en más del 100% de su valor en el 2022. Esta situación podría poner en riesgo la producción de alimentos agrícolas, provocando una crisis agroalimentaria a escala global. En diversas regiones rurales de México, los

productores agrícolas de pequeña y mediana escala requieren de la adquisición de créditos para comprar sus fertilizantes; el elevado costo de estos, aunado a las fluctuaciones de precio de sus productos en el mercado, podría hacer de esta actividad una práctica insostenible en los próximos años. Debido a lo anterior, la respuesta a esta problemática es un cambio de estrategias de producción, al adquirir prácticas de agricultura agroecológica, principalmente a través del **empleo de biofertilizantes como una opción para disminuir la dependencia hacia los fertilizantes químicos**, reduciendo su consumo y, de manera indirecta, reduciendo también el impacto que provocan en el ambiente.

### ¿Qué alternativas agroecológicas existen a la fertilización química?

Dentro del manejo agroecológico de los cultivos, existen diferentes herramientas que buscan el desarrollo de sistemas sustentables de producción. La reducción del uso de fertilizantes sintéticos es posible por medio de la adquisición de este tipo de prácticas por parte de los productores. La

biofertilización mediante el uso de materia orgánica y microorganismos benéficos, ha cobrado un mayor interés en los últimos años. **Existe un grupo de hongos benéficos para las plantas**, los cuales establecen una simbiosis mutualista, de tal manera que el hongo le proporciona agua y nutrientes minerales a la planta, y esta a su vez lo abastece de fotosintatos para su desarrollo y reproducción. Estos hongos, **conocidos como «formadores de micorizas»** se asocian con el 95% de las plantas superiores del planeta, incluso su presencia pudo favorecer la colonización terrestre hace millones de años.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) han sido ampliamente estudiados debido a que el aporte nutrimental hacia las plantas, favorece el establecimiento, vigor y productividad de los cultivos. Una particularidad de estos hongos, es que **favorecen la captación de fósforo (P)**, un macronutriente que es difícil de adquirir por la planta debido a su escasa movilidad. Por otro lado, se ha observado que además de la promoción del crecimiento y productividad, las plantas micorrizadas son más tolerantes a distintos tipos de estreses bióticos y



La aplicación de abonos orgánicos al suelo como el «bocashi», es una alternativa a la fertilización química. Fotografía: Alfredo Reyes Tena.

abióticos. Actualmente, existen en el mercado diversos productos a base de HMA, pero es necesaria la búsqueda de cepas nativas que puedan tener una mayor adaptabilidad a los cultivos de una zona particular y que sus beneficios sean mayores para los agricultores.

Por otro lado, **el uso de estiércoles** de ganado bovino, caprino, avícola y porcino **es una alternativa que ha dado excelentes resultados** en cultivos como jitomate, calabaza y aguacate. En zonas productoras del norte del estado de Michoacán, se ha reportado que la aplicación de 1.5 a 2 toneladas de estiércol porcino por ha, puede incrementar hasta en 30% la altura de las plantas y el rendimiento productivo de cultivos de jitomate.

Cultivo de jitomate fertilizado con estiércol porcino en Michoacán, México. Fotografía: Alfredo Reyes Tena.

Generalmente, los cultivos que son fertilizados con algún tipo de estiércol (previamente secado bajo luz directa del sol), tienen mayor vigor y sanidad, lo que les permite obtener altos rendimientos y fruta de buena calidad.

El precio del estiércol es relativamente bajo, alrededor de \$1,500 MXN por tonelada, lo cual disminuye notablemente el costo de inversión en fertilizantes químicos y hacen de esta práctica una opción redituable a los productores, además de ser sustentable.

Otra opción, es **el uso de abonos orgánicos** que se han sometido a algún tipo de proceso biológico para incrementar la disponibilidad de los nutrientes, tal es el caso de las compostas, las lombricompostas y el «bocashi», las cuales se elaboran utilizando materia orgánica (estiércoles, residuos de cosechas, restos de animales y basura orgánica) que se va descomponiendo a lo largo de semanas o meses. En las **compostas**, los microorganismos

(bacterias y hongos) son principalmente los encargados de la mineralización de los residuos; en las **lombricompostas** se utilizan, además, lombrices de la especie *Eisenia foetida*, las cuales aceleran y mejoran la descomposición de la materia orgánica y al final se obtiene un producto rico en NPK con una mayor tasa de absorción para las plantas. Finalmente, el «bocashi» se obtiene por la fermentación con levaduras, lo que permite acelerar la descomposición de la materia orgánica y obtener un abono en 14 días.

El uso de este tipo de compostas, además de favorecer el crecimiento vegetal, **mejora las propiedades fisicoquímicas del suelo**; entre otras, mejora la estructura y capacidad de retención de agua, favoreciendo el crecimiento radical y el establecimiento de microorganismos benéficos en la rizósfera, lo que resulta beneficioso al ser algunos de estos agentes naturales de control contra otros microorganismos causantes de enfermedades.

### ¿Es posible producir alimentos más sanos a un menor costo?

Los múltiples beneficios que proporciona el uso de abonos orgánicos, podría **disminuir en gran medida la inversión en fertilizantes y plaguicidas** nocivos para el ambiente y para la salud humana. Adicionalmente, las frutas y verduras producidas bajo un sistema de producción orgánica, permite **adquirir un mayor valor en el mercado**. Lo anterior podría incentivar la reconversión paulatina hacia la producción agrícola orgánica en México. Así que la próxima vez que vayas a hacer la despensa, si está en tus posibilidades, consume productos locales y consume orgánico.

El segundo autor agradece al Programa de Becas Posdoctorales en la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA) por el apoyo recibido durante el periodo 2021-2022.



FAO. (2011). *Elaboración y uso del bocashi*, Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) en El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.fao.org/3/at788s/at788s.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante#:~:text=Existen%20tres%20tipos%20de%20fertilizantes,son%20nitro%20C%20f%20C%20B%3sforo%20y%20potasio>

SMATTCOM. (2021). Precios de fertilizantes aumentan los costos de producción en el campo. <https://smattcom.com/blog/precios-fertilizantes-aumentan-costos-produccion-campo>

Ulibarry, P.G. (2019). Consecuencias ambientales de la aplicación de fertilizantes. *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile/BCN*. [https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias\\_ambientales\\_de\\_la\\_aplicacion\\_de\\_fertilizantes.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27059/1/Consecuencias_ambientales_de_la_aplicacion_de_fertilizantes.pdf)

# LA CIENCIA EN EL CINE

## *El gabinete de las curiosidades*

Horacio Cano Camacho



**Horacio Cano Camacho**, Profesor Investigador del Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología y Jefe del Departamento de Comunicación de la Ciencia de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.  
[horacio.cano@umich.mx](mailto:horacio.cano@umich.mx)

**E**l día de hoy vamos a alejarnos un poco de la ciencia en el séptimo arte para recomendar una serie fantástica, y lo digo tanto por la calidad como por el género en el que podemos inscribirla. Se trata de *El gabinete de las curiosidades de Guillermo del Toro* (EUA, 2022), que como su nombre lo indica, son todas esas cosas de la fantasía que le encantan al afamado director mexicano y, seguramente, también a muchos de nosotros. Se trata de una antología exquisita de terror clásico estrenada en su primera temporada por Netflix.

Al verla, de inmediato me remonté a mi infancia y adolescencia frente al televisor, muerto de miedo con programas como *Galería nocturna* (Rod Serling, 1970-1973) y *La dimensión desconocida* (1970) del mismo productor, incluso *Cuentos de la cripta* de William Maxwell Gaines, emitida en México en los años 1989-1996, series todas a las que era asiduo.

Como sus antecesoras, y a las que Del Toro indudablemente rinde homenaje, son antologías que inician con un presentador que crea un contexto, sea de una leyenda, un cuadro o un mito. En *El gabinete de las curiosidades*, ese contexto es creado a partir de la apertura de puertas y cajones del gabinete del título, de donde se sacan objetos que reflejan los temas del episodio, muy al estilo de *Galería nocturna*.

Aunque Del Toro no ha dirigido ninguno de los ocho episodios que componen la serie, es indudable que está detrás de la labor de selección de las historias, la convocatoria de los directores de cada episodio y, desde luego, de toda la concepción estética de la serie.

El terror clásico como género, se caracteriza por un guión y una estructura narrativa y visual que persigue provocar en el espectador pavor, miedo, incomodidad, e incluso repulsión. *El gabinete de las*

*curiosidades* apuesta también por la maravilla y la reflexión moral. En ese sentido, genera un estilo muy personal que ya es su sello.

*El gabinete de las curiosidades* se aleja del género de la ciencia ficción clásica o del terror puro y duro para adentrarse de lleno en el *weird* o *ficción weird*, un género de literatura fantástica cuyo fundador, Howard Phillips Lovecraft (más conocido como H. P. Lovecraft), definía como historias con elementos sobrenaturales y terror.

El estilo de Guillermo del Toro se localiza claramente en lo que se ha dado en llamar el Neo Weird, que incluye elementos de la ciencia ficción más dura, mezclados con el terror y la fantasía. Muchos de sus personajes y situaciones parecen sacados de un cuento de Lovecraft, combinados con las series antes mencionadas (de hecho, dos de los ocho capítulos son adaptaciones de cuentos del autor norteamericano). Una mezcla, hay que decirlo, muy interesante y original.

La característica fundamental del estilo Neo Weird es lo «desconocido» y la amenaza que supone para nosotros. No importa el origen de esta amenaza, que puede provenir del espacio, de fenómenos espaciotemporales y, en el Neo Weird, de la ciencia misma o de la curiosidad extrema, la ambición o todas juntas, porque al romper los principios



de la razón, se puede crear terror. La ficción weird es, como su nombre, rara, extraña, no lineal y la serie de hoy hace honor al género, por ello, creo que Del Todo está revolucionando el terror clásico.

Las historias narradas en cada episodio reflejan el espíritu de la serie en su conjunto, pues están muy bien integradas, con una recreación preciosista de la época en que se inscriben, dan una sensación literaria clásica, hay mucho talento visual y una narrativa muy directa, aunque con margen para las sorpresas. Las historias son sencillas, basadas en relatos de literatura de terror algo más moderna, pero con tendencias de *ficción weird* y, en mayor parte, muy lovecraftiana.

Como en toda serie que tiene diferentes direcciones, es normal que cada capítulo muestre asimetrías, sea porque tenemos nuestras historias favoritas o porque los estilos de cada director sean más directos o más «poéticos», el caso es que resulta inevitable no compararlos internamente y afirmar nuestras preferencias; sin embargo, analizándolas en conjunto, la serie es espectacular.

Yo había prometido alejarme de la ciencia en esta ocasión, pero mientras miro la serie, con un profundo desasosiego y medio abrazado a la almohada, me pregunto: ¿Por qué si el miedo es una

emoción muy desagradable y temible nos gustan las historias de terror y de ese género escogemos ver series, películas, leer literatura y disfrutarlo en sus otras manifestaciones artísticas, como el cómic?

Según un artículo publicado en la revista *Physiological Science*, el horror nos entretiene con mayor eficacia cuando desencadena una respuesta física medida por cambios en la frecuencia cardíaca, pero este no llega a abrumarnos... a paralizarnos.

Al parecer, hay un espacio o lugar «dulce» donde el disfrute se maximiza. Hay, pues, una relación entre miedo, disfrute y ciertas formas recreativas del miedo. Nosotros sabemos conscientemente que lo que observamos es una fantasía que no supone un riesgo y de ella extraemos placer. No obstante, la respuesta varía de persona a persona.

En la excitación provocada por este tipo de miedo, hay una activación fisiológica, acompañada de la liberación de neurotransmisores en el cerebro que refuerzan ciertas respuestas de compensación que resultan a su vez placenteras, como si fuera una recompensa que nos impulsa a seguir resistiendo la incertidumbre, una suerte de «zanahoria» que nos atrae y mantiene alertas. Esto explicaría por qué tanta gente encuentra en las películas de terror algo atractivo.





Hay entonces, según este estudio, un *miedo recreativo* que se refiere a una experiencia emocional que combina miedo y disfrute. El miedo es de las pocas emociones básicas que compartimos con muchos animales, el cual está genéticamente estructurado para desplegar mecanismos de alarma o de protección en caso de peligro inminente o, incluso, ante la mera posibilidad de una agresión exterior. La consecuencia suele ser o la huida ante el peligro o el intento de evitarlo y de combatir sus causas. El miedo es una sensación desagradable que cumple la función de ponernos en alerta y se ha mantenido a través de la evolución como un recurso para protegernos del daño. Paradójicamente, a veces buscamos experiencias en el miedo para fines recreativos.

Cuando el miedo aparece, el sistema nervioso manifiesta cambios y nuestro sistema endocrino

prepara a nuestro cuerpo para la acción a través de la liberación de hormonas y neurotransmisores. Nuestra atención aumenta hacia el peligro para hacernos más perceptivos y se potencian los mecanismos de aprendizaje y memoria. Es probable que el *miedo recreativo* sea una suerte de entrenamiento del propio cerebro que a través de sensaciones placenteras nos va preparando para responder ante una situación verdadera.

Todo esto lo estoy pensando mientras disfruto una antología muy redonda, magníficamente realizada, con una mezcla de ficción «rara» y de terror clásico que acaso no me prepare para nada, salvo el disfrute de un espectáculo magnífico. Se las recomiendo, mientras meditan sobre su propia experiencia con el género del terror.

# NATUGRAFÍA

## Zurcidora de mosaico

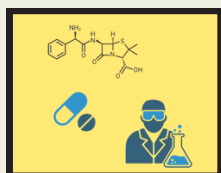
\* Miguel Gerardo Ochoa Tovar





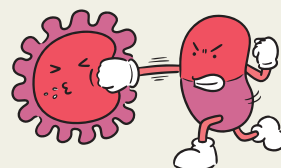
# INFOGRAFÍA

## Hablemos sobre los antimicrobianos\*



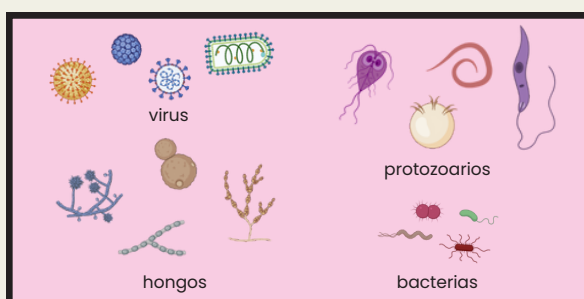
### ¿QUÉ SON?

Los antimicrobianos son moléculas orgánicas de bajo peso molecular que se utilizan para el tratamiento de enfermedades infecciosas en animales, plantas y seres humanos



### ¿CUÁNTOS TIPOS HAY?

Dependiendo del patógeno al que atacan están los antivirales, los antiparasitarios, los antimicóticos o antifúngicos y los antibióticos que actúan contra los virus, los protozoarios, los hongos y las bacterias respectivamente.



### ¿QUÉ PASA EN LA ACTUALIDAD?



Desafortunadamente los patógenos han ido adquiriendo Resistencia a los AntiMicrobianos (RAM) que se usan para combatirlos.

Esta resistencia ocasiona que los tratamientos para combatir a las enfermedades infecciosas sean cada vez menos eficaces.

### ¿CUÁLES SON LAS CONSECUENCIAS DE LA RAM?

La resistencia a los antimicrobianos incrementa el costo de los tratamientos, pero aún más importante, con relación a la salud humana, aumenta la severidad de la enfermedad y la posibilidad de muerte del paciente.



#### Dato importante

En particular, se estima que de 4.95 millones de muertes puede asociarse a la resistencia a los antibióticos por parte de bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Streptococcus pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Mycobacterium tuberculosis*, entre otras.

### ¿QUÉ PODEMOS HACER?

Tomar antimicrobianos bajo la debida supervisión médica.

Los tratamientos con antimicrobianos que les des a tus mascotas deben de haber sido prescritos por el veterinario que las atiende.

Tener prácticas de higiene simples como el lavado de manos, todas las recomendaciones que se realizaron para la COVID-19 sirven para prevenir enfermedades infecciosas.

UNIVERSIDAD  
MICHOCANA  
DE SAN  
NICOLÁS DE  
HIDALGO

GENÉTICA  
MOLECULAR  
MICROBIANA

Dra. Ma. Soledad Vázquez  
Garcidueñas  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Ciencias Médicas y  
Biológicas "Dr. Ignacio Chávez"

Conservación y  
biotecnología  
microbiana

Dr. Gerardo Vázquez Marrufo  
Centro Multidisciplinario de  
Estudios en Biotecnología  
Facultad de Medicina  
Veterinaria y Zootecnia

